

# **TURBO-MACHINE COMPRISING A SEALING SYSTEM FOR A ROTOR**

**Publication number:** JP2002544432 (T)

**Publication date:** 2002-12-24

**Inventor(s):**

**Applicant(s):**

**Classification:**

- international: F01D11/00; F01D5/30; F02C7/28; F16J15/44; F01D11/00;  
F01D5/00; F02C7/28; F16J15/44; (IPC1-7): F01D11/00;  
F01D5/30; F02C7/28; F16J15/44

- European: F01D11/00D2

**Application number:** JP20000618588T 20000512

**Priority number(s):** EP19990109630 19990514; WO2000EP04317 20000512

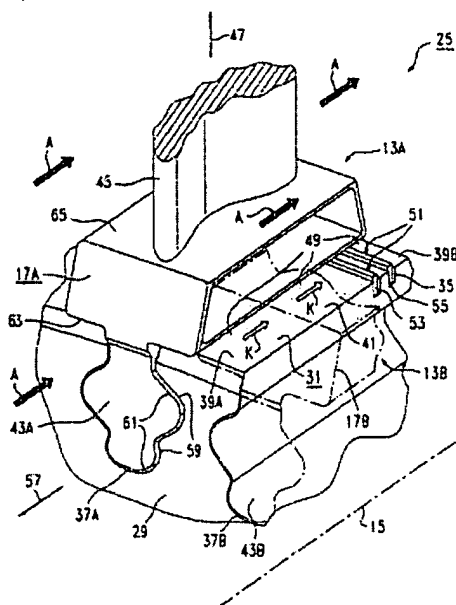
**Also published as:**

WO0070193 (A1)  
US6565322 (B1)  
CN1354820 (A)  
CN1252376 (C)  
CA2372875 (A1)

Abstract not available for JP 2002544432 (T)

Abstract of corresponding document: WO 0070193 (A1)

The invention relates to a turbo-machine (1) comprising a rotor (25) that extends along a rotational axis (15). Said rotor (25) has a peripheral surface (31) which is defined by the outer radial delimitation surface of the rotor (25) and has a receiving structure (33) as well as a first moving blade (13A) and a second moving blade (13B). Each moving blade comprises a blade footing (43A, 43B) and a blade platform (17A, 17B). The blade platform (17A) of the first moving blade (13A) and the blade platform (17B) of the second moving blade (13B) border one another, and a gap (49) is formed between the blade platforms (17A, 17B) and the peripheral surface (31). A sealing system (51) is provided in the gap (49) on the peripheral surface (31).



Data supplied from the *espacenet* database — Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号  
特表2002-544432  
(P2002-544432A)

(43) 公表日 平成14年12月24日 (2002. 12. 24)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
F 0 1 D 11/00		F 0 1 D 11/00	3 G 0 0 2
5/30		5/30	3 J 0 4 2
F 0 2 C 7/28		F 0 2 C 7/28	E
F 1 6 J 15/447		F 1 6 J 15/447	
審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 50 頁)			

(21) 出願番号 特願2000-618588(P2000-618588)  
(86) (22) 出願日 平成12年5月12日 (2000. 5. 12)  
(85) 翻訳文提出日 平成13年11月13日 (2001. 11. 13)  
(86) 国際出願番号 PCT/EP00/04317  
(87) 国際公開番号 WO00/70193  
(87) 国際公開日 平成12年11月23日 (2000. 11. 23)  
(31) 優先権主張番号 99109630. 6  
(32) 優先日 平成11年5月14日 (1999. 5. 14)  
(33) 優先権主張国 欧州特許庁 (EP)  
(81) 指定国 EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, I T, LU, MC, NL, PT, SE), CA, CN, I N, J P, KR, US

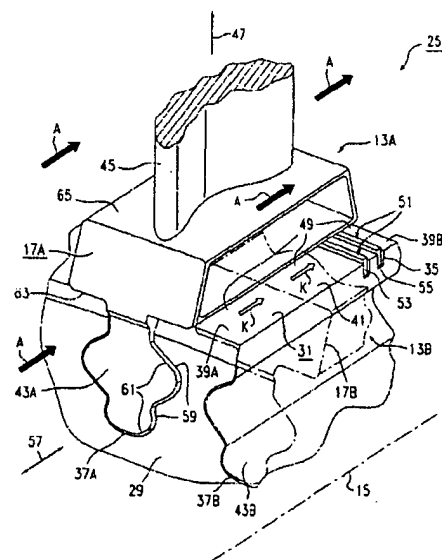
(71) 出願人 シーメンス アクチエンゲゼルシャフト  
Siemens Aktiengesellschaft  
ドイツ連邦共和国 D-80333 ミュンヘン  
ヴィッテルスバッハープラッツ 2  
(72) 発明者 ティーマン、ペーター  
ドイツ連邦共和国 デー-58452 ヴィッテン  
グリヒツシュトラッセ 4  
(72) 発明者 シュトラスベルガー、ミヒャエル  
ドイツ連邦共和国 デー-44879 ボッフム  
インデアウエ 10  
(74) 代理人 弁理士 山口 巖

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ロータに対する漏れ止め装置付き流体機械

(57) 【要約】

回転軸線 (15) に沿って延びるロータ (25) を備えた流体機械 (1) に関する。ロータは、その外側ラジアル境界面で規定された外周面 (31) と、この外周面上に円周方向に並べて配置された多数の動翼 (13A、13B) と、これら動翼の受体 (33) とを有し、各動翼が各翼脚 (43A、43B) とこの翼脚に隣接して続く翼台座 (17A、17B) とを備える。第1動翼 (13A) の翼台座 (17A) と第2動翼 (13B) の翼台座 (17B) が互いに隣り合い、それらの両翼台座とロータの外周面の間に隙間空間 (49) が生じている。隙間空間内の外周面 (31) 上に、漏れ止め装置 (51) が存在する。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 回転軸線（15）に沿って延びるロータ（25）を備えた流体機械（1）であって、該ロータ（25）が、ロータ（25）の両側ラジアル境界面で規定された外周面（31）と、この外周面（31）上に円周方向に並べて配置された多数の動翼（13A、13B）と、これら動翼（13A、13B）の受体（33）とを有し、各動翼（13A、13B）が各々翼脚（43A、43B）とこの翼脚（43A、43B）に隣接して続く翼台座（17A、17B）とを有し、動翼（13A、13B）の翼脚（43A、43B）が受体（33）にはめ込まれて取り付けられ、円周方向に隣接する第1動翼（13A）の翼台座（17A）と第2動翼（13B）の翼台座（17B）とが互いに隣り合い、該両翼台座（17A、17B）とロータ（25）の外周面（31）との間に隙間空間（49）が形成された流体機械（1）において、

隙間空間（49）内において、外周面（31）上に、漏れ止め装置（51）が設けられたことを特徴とする流体機械。

【請求項2】 ロータ（25）が回転円板（29）を有し、該回転円板（29）が外周面（31）と動翼（13A、13B）の受体（33）とを備え、外周面（31）が、回転軸線（15）の軸方向における両端に、各々外周面端（第1外周面端39A、第2外周面端39B）を有し、受体（33）が、円周方向に互いに間隔を隔てて配置された多数の回転円板溝（37A、37B）を有し、円周方向に隣接する第1動翼（13A）と第2の動翼（13B）の翼脚（43A、43B）とが、円周方向に隣り合う第1回転円板溝（37A）と第2回転円板溝（37B）とに各々はめ込まれたことを特徴とする請求項1記載の流体機械。

【請求項3】 漏れ止め装置（51）が、第1及び／又は第2外周面端（39A、39B）上に配置されたことを特徴とする請求項2記載の流体機械。

【請求項4】 外周面（31）の軸方向上に、第1外周面端（39A）と第2外周面端（39B）とにより境界づけられた外周面中央部位（41）が形成され、該中央部位（41）上に少なくとも部分的に、漏れ止め装置（51）が配置されたことを特徴とする請求項2又は3記載の流体機械。

【請求項5】 漏れ止め装置（51）が円周方向に延びるシール要素（53

）を備えることを特徴とする請求項1ないし4の1つに記載の流体機械。

【請求項6】 シール要素（53）に対し軸方向に間隔を隔てて配置され、円周方向に延びる少なくとももう1つのシール要素（55）が存在することを特徴とする請求項5記載の流体機械。

【請求項7】 シール要素（53）及び／又はもう1つのシール要素（55）が、外周面（31）にある凹所（35）、特に溝に係合していることを特徴とする請求項5又は6記載の流体機械。

【請求項8】 シール要素（53）及び／又はもう1つのシール要素（55）が、半径方向に移動可能であることを特徴とする請求項5ないし7の1つに記載の流体機械。

【請求項9】 シール要素（53、55）が、第1と第2の部分シール要素（67A、67B）を有し、該両部分シール要素（67A、67B）が互いにかみ合っていることを特徴とする請求項5ないし8の1つに記載の流体機械。

【請求項10】 第1と第2の部分シール要素（67A、67B）が、円周方向に相対的に移動可能であることを特徴とする請求項9記載の流体機械。

【請求項11】 第1と第2の部分シール要素（67A、67B）が、各々外周面（31）に隣接する円板シール縁（69）と、翼台座（17A、17B）に隣接する翼台座シール縁（71）とを有することを特徴とする請求項9又は10記載の流体機械。

【請求項12】 第1と第2の部分シール要素（67A、67B）が互いに重なり合い、第1部分シール要素（67A）の翼台座シール縁（71）および円板シール縁（69）が、各々第2部分シール要素（67B）の翼台座シール縁（71）ないし円板シール縁（69）に隣接することを特徴とする請求項9ないし11の1つに記載の流体機械。

【請求項13】 シール要素（53、55）が、耐熱材料、特にニッケル基合金或はコバルト基合金からなることを特徴とする請求項5ないし12の1つに記載の流体機械。

【請求項14】 ガスタービン（1）として形成されたことを特徴とする請求項1ないし13の1つに記載の流体機械。

【請求項15】 受体(33)が周溝(91)を有し、外周面(31)が、回転軸線(15)の軸方向の両側に外周面(第1外周面93、第2外周面95)を有し、該両外周面が各々軸方向に周溝(91)に隣接し、隙間空間(49)内において、その一方及び／又は両方の外周面(第1、第2外周面93、95)上に、漏れ止め装置(51)が設けられたことを特徴とする請求項1又は5から14の1つに記載の流体機械。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

本発明は、回転軸線に沿って延び外周面上に円周方向に分布して配置された多数の動翼を有し、ロータに対する漏れ止め装置を備えた流体機械に関する。

## 【0002】

流体機械、例えばタービンや圧縮機の動翼は、例えば回転円板により形成されたロータ軸の外周面上に全周にわたり、種々の方法で取り付けられている。動翼は、通常羽根と翼台座と取付け構造を持つ翼脚とを有する。翼脚は、これに対し相補的な形で、例えば周溝又は軸方向溝として形成された凹所により、ロータ軸の外周面にぴったり合わせて収容され、このようにして動翼が取り付けられる。構造上、動翼をロータ軸に取り付けた後、互いに隣接する部位間に隙間が生ずる。隙間は、タービンの運転中、冷却材又はロータを駆動する高温活動流体の漏洩流を発生させる。かかる隙間は、例えば円周方向に隣接する2つの動翼の互いに隣り合う翼台座間及びロータ軸の外周面と該面に半径方向で隣接する翼台座との間に生ずる。冷却材、例えば冷却空気がガスタービンの流路内に漏れて流入する等で生ずる漏洩流を制限するため、かなり大きな遠心力による機械的荷重および加わる温度に耐える適当な漏れ止め機構が強く求められている。

## 【0003】

ドイツ特許出願公開第19810567号明細書により、ガスタービンの動翼に対するシール板が公知である。動翼に導入される冷却空気がガスタービンの流路内に漏出すると、ガスタービンの効率が大きく低下する。シール板は、隣接する動翼の翼台座間の隙間にはめ込まれ、冷却空気の流出による漏洩流を防止する働きをする。漏れ止めは、上記シール板の他に、隣接する動翼の翼台座間に同様に組み込んだ種々のシールピンにより達せられる。隣接する翼台座間からの冷却空気の流出に対し漏れ止め作用を得るには、多数のシール要素が必要である。

## 【0004】

米国特許第5599170号明細書は、ガスタービンの動翼に対する漏れ止め機構を開示する。この場合、動翼を回転円板の外周面上に取り付け、その互いに隣接する動翼間に、半径方向の隙間と軸方向に延びる隙間とを形成している。半径

方向隙間と軸方向隙間とを、シール要素が同時に塞いでいる。このため、シール要素は、動翼の翼台座により形成した空洞室にはまり込んでいる。シール要素は、軸方向と半径方向の隙間に各々隣接する第1および第2シール面を有する。更にシール要素は、半径方向に対し傾斜して延びるスラスト面を持つ。スラスト面は反動面に直に隣接している。反動面は、空洞室内に配置した可動反動要素の部分面として形成されている。漏れ止め作用は、回転円板の回転により可動反動要素に作用する遠心力で生ずる。反動要素は傾斜スラスト面に力を伝達する。その場合、第1シール面が軸方向隙間を漏れ止めすべく、半径方向分力がシール要素に作用し、他方で、第2シール面が半径方向隙間を塞ぐように、軸方向分力がシール要素に作用する。回転円板の外周面とこの外周面に半径方向で隣接する動翼の翼台座間に隙間が設けてある。隙間を通り回転円板の外周面に沿いガスタービンの流路内に冷却空気が流出するのを、上述の漏れ止め機構では防止できない。

#### 【0005】

流体機械において、ドイツ特許出願公開第19810567号ないし米国特許第5599170号明細書に記載の1つ或は複数のシール要素を備えた同様に高価な漏れ止め装置が、隙間範囲とロータの隙間空間に高温活動流体、例えば高温ガスや蒸気が流入するのを防ぐために利用されている。そのような活動流体の流入は、動翼を大きく損傷させる。この危険を防止すべく、一般に、動翼の翼台座の活動流体側面に複数のシール要素がはめ込まれている。

#### 【0006】

英国特許第905582号及びヨーロッパ特許出願公開第0761930号明細書は、円板構造のタービンロータ付きタービン機械を開示する。動翼は、横断面クリスマスツリー状の軸方向溝継手で、回転円板に取り付けられている。動翼の軸方向固定は、回転円板の端面に固着された固定板で行われる。この場合、翼脚・溝範囲での活動流体の流入に対し、或る漏れ止め作用も得られる。

#### 【0007】

本発明の課題は、回転軸線に沿って延びるロータを有し、該ロータが第1の動翼と、ロータの外周面上に円周方向に分布して配置され第1の動翼に接する第2の動翼を備えた流体機械の漏れ止め装置を提供することにある。特に本発明は、

漏れ止め装置を、隙間範囲とロータの隙間空間を通して生ずる漏洩流を確実に効果的に制限し、発生する熱的、機械的な負荷に耐えるよう形成する点にある。

【0008】

本発明によれば、この課題は、回転軸線に沿って延びるロータを備えた流体機械であって、該ロータが、ロータの両側ラジアル境界面で規定された外周面と、この外周面上に円周方向に並べて配置された多数の動翼と、これら動翼の受体とを有し、各動翼が、各々翼脚とこの翼脚に隣接して続く翼台座とを持ち、動翼の翼脚が受体にはめ込まれて取り付けられ、円周方向に隣接する第1動翼の翼台座および第2動翼の翼台座が互いに隣接し、それら両翼台座とロータの外周面との間に隙間空間が生じた流体機械において、隙間空間内の外周面上に、漏れ止め装置を設けることで解決される。

【0009】

本発明は、流体機械の運転中、ロータが高温活動流体に曝されるという認識から出発する。高温活動流体は膨張により動翼で仕事をし、回転軸線を中心として動翼を回転させる。従って、動翼付きのロータは、熱的負荷と機械的負荷、特に回転に伴う遠心力で、極めて強く負荷される。ロータ及び特に動翼を冷却するため、冷却材、例えば冷却空気が利用される。冷却材は、通常適当な冷却材供給路を通してロータに導入される。その場合、隙間空間内で冷却材並びに高温活動流体の漏洩流、所謂隙間損失が生ずる。隙間空間は、ロータの両側ラジアル境界面で規定される外周面と、ロータの円周方向に並べて配置した多数の動翼におけるロータ外周面の半径方向外側の翼台座とで形成される。漏洩流は、冷却効率と外周面にある受体内での動翼の機械的据付け強度（静かな運転およびクリープ限度）に、非常に不利に作用する。この関連で、回転軸線に沿って延びる漏洩流（軸方向漏洩流）、例えば外周面に沿って流れる漏洩流が、特に問題である。更に、回転軸線に対し垂直な漏洩流（半径方向漏洩流）、即ち半径方向、従って外周面に対し垂直に向かう漏洩流も考慮せねばならない。

【0010】

外周面上に、円周方向に並べて多数の動翼を配置したロータを有する流体機械において、本発明は、ロータで生ずる漏洩流を有効に漏れ止めする新たな方式を



提案する。その場合、軸方向及び半径方向漏洩流を考慮する。これは、漏れ止め装置を隙間空間内でロータの外周面上に配置することで達成される。漏れ止め装置は、上述の本発明に基づく構成により、翼台座と外周面との間に生じた隙間空間を塞ぐ。この空間は、ロータの半径方向、軸方向および円周方向に延びる。この場合、隙間の軸方向距離が一般に支配的であり、円周方向の距離は半径方向のそれより大きい。隙間空間の精確な幾何学形状は、互いに隣接する翼台座及び外周面の特別な形状により定まる。上述の本発明に基づく漏れ止め装置は、その形成に際し、各々の幾何学形状と制限すべき漏洩流の要件に個々に適合される。

#### 【0011】

通常の漏れ止め機構に比した本発明の利点は、外周面に漏れ止め装置を配置することで生ずる。これに伴い、漏れ止め装置を外周面に直に隣り合わせ、漏れ止め作用を生じさせられる。これは、外周面に沿って軸方向に流れる漏洩流を防止するのに特に好適である。高温活動流体、例えばガスタービンにおける高温ガスが隙間空間に流入するのを十分に阻止し、隙間空間内の外周面に沿った軸方向の漏洩流をかなり減少できる。これは、ロータ、特に翼台座の材料を、高温や高温活動流体の酸化および腐食作用から保護する。漏れ止め装置は、これが隣接する翼台座に直に隣り合い、漏れ止め作用を発揮するよう、半径方向の寸法を定められている。かくして、軸方向漏洩流は實際上完全に防止される。

#### 【0012】

漏れ止め装置によって隙間空間内における高温活動流体及び／又は冷却材の漏洩流を防止することで、動翼取付け部位に温度勾配が生ずるのを避けられる。これに伴い、互いに隣接するロータ構成要素の熱応力が減少する。熱応力は、温度差がある状態で、熱膨張が妨げられるときに生ずる。従って、動翼の翼脚とロータにおける動翼の受体とは、かなり小さな公差で製造せねばならない。小さな公差は、動翼の機械的な据付け強度およびロータの静かな運転に有利に作用する。特に、受体に動翼を取り付けるべく考慮したはめ合いは僅かな遊びをもって形成され、これに伴い、そのはめ合いを通して起こる漏洩流も減少する。

#### 【0013】

本発明の他の利点は、漏れ止め装置が簡単に製造・組立可能な点にある。漏れ

止め装置は外周面上に設けられるので、これを動翼に固着する必要はない。例えば動翼の交換等、動翼の組立や修理作業を、大きな手間をかけずにできる。漏れ止め装置は動翼の影響を受けず、従って何度も利用できる。

#### 【0014】

本発明の有利な実施態様では、ロータが回転円板を有し、該円板が外周面と動翼の受体とを備え、外周面が回転軸線の軸方向の両端に各々外周面端（第1外周面端、第2外周面端）を持ち、受体が円周方向に互いに間隔を隔てて配置された多数の回転円板溝を有し、円周方向に隣接する第1動翼および第2の動翼の翼脚が、円周方向に隣り合う第1および第2回転円板溝に各々はめ込まれる。

#### 【0015】

この結果、動翼の取付けは、流体機械の運転中、動翼が流れ力と遠心力と翼振動とから受ける翼の荷重を、大きな安全性で受け、発生する力を回転円板に伝達し、最終的にロータ全体に伝達すべく行われる。動翼の取付けは、例えば軸方向溝により行える。その場合、各動翼は個々に、そのために用意した軸方向に延びる固有の回転円板溝内にはめ込み固定される。例えば軸流圧縮機の動翼のように受ける荷重が小さい場合、動翼は、単純に、例えば横断面ダブテール形翼脚やラバル(Laval)形翼脚で取り付けできる。蒸気タービンの最終段の動翼は長く、それに応じ大きな遠心力が生ずる。かかる長い動翼に対しては、所謂差込み形翼脚のほかに、横断面クリスマスツリー形翼脚も対象となる。この翼脚による取付け方式は、特にガスタービンの、熱的に強く負荷される動翼にも利用できる。

#### 【0016】

上述の実施態様において、外周面は、第1外周面端と第2外周面端を部分部位として備える。この場合、高温流体、特にガスタービンの高温ガスの流れ方向に関し、例えば第1外周面端が上流側に、第2外周面端が下流側に配置される。この幾何学的区分けにより、構造的事情および得べき漏れ止め作用に関する要件に応じ、外周面の種々の部分部位に、漏れ止め装置を形成して配置できる。

#### 【0017】

好適には、漏れ止め装置は、第1及び／又は第2外周面端に配置される。例えば上流側に配置された第1外周面端上への漏れ止め装置の設置は、まず第1に、

隙間空間への高温流体の流入を制限し、これによって動翼の損傷を防止する。例えば下流側に配置された第2外周面端上への漏れ止め装置は、主に隙間空間内に所定の圧力で存在する冷却材、例えば冷却空気が、軸方向に外周面に沿って第2外周面端を越えて流路内に流出するのを確実に防止すべく設けられる。高温活動流体は流れ方向に膨張するので、この流体の圧力は流れ方向に連続して低下する。従って、隙間空間内における或る圧力状態の冷却材は、隙間空間から低い周囲圧の方向、即ち下流側の外周面端に流出する。第1および第2外周面端への漏れ止め装置の設置は、隙間空間を塞ぎ、この結果、隙間空間への高温活動流体の流入と隙間空間からの冷却材の流出に対し大きな安全性を提供する。

#### 【0018】

好適には、外周面上に、第1外周面端と第2外周面端とにより軸方向を境界づける外周面中央部位を形成し、該部位に漏れ止め装置を少なくとも部分的に配置する。外周面中央部位は外周面の部分部位を形成する。この結果、第1および第2外周面端と共に、外周面の種々の部分部位に漏れ止め装置を配置する種々の方式が得られる。構造的事情および達成すべき漏れ止め作用の要件に応じ漏れ止め装置を種々の部分部位に配置し、適切な方式が決定できる。漏れ止め装置を配置する場合、種々の部分部位の組合せも考えられる。従って、上述の本発明に基づく漏れ止め装置は、得べき漏れ止め作用に関する具体的な要件への適合につき、非常に大きな柔軟性を有する。

#### 【0019】

漏れ止め装置に、円周方向に延びるシール要素を設けるとよい。隙間空間は、ロータの軸方向、半径方向および円周方向に延びている。隙間空間内でロータの円周方向に延びるシール要素は、冷却材及び／又は高温活動流体の軸方向漏洩流を高い効率で防止するのに特に適する。即ち、例えば上流側に向いた軸方向漏洩流、例えば外周面に沿って伝搬するガスタービンの流路からの高温ガスを、シール要素で効果的に阻止できる。漏洩流は隙間空間内の障害物により減速し、最終的にシール要素の漏洩流側で止まる（単純な絞り）。このシール要素の反漏洩流側およびそれに軸方向に続く隙間空間部分は、単純なシール要素により、漏洩媒体、例えば高温活動流体或は冷却材による作用から、有効に保護される。

## 【0020】

円周方向に延びるシール要素による上記の単純な方式は、シール要素を1つ或は複数の別のシール要素と組み合わせることで、大きく改善される。本発明の有利な実施態様では、シール要素に対し軸方向に間隔を隔てて配置され、円周方向に延びる少なくとももう1つのシール要素を設ける。シール要素をこのように多重配置することで、隙間空間内に生ずる漏洩流がかなり減少する。特に、例えばシール要素を第1外周面端上に、もう1つのシール要素を第2外周面端上に配置できる。これにより、軸方向漏洩流に対する隙間空間の上流および下流側の漏れ止めが生ずる。隙間空間は、特に流路の上流側の高圧部位並びに下流側の低圧部位からの高温活動流体の流入から非常に有効に保護される。同時に塞がれた隙間空間は、冷却材、例えば冷却空気により良好に利用される。冷却材は加圧状態で隙間空間に流入し、特に熱的に大きく負荷されるロータ、翼台座およびこれに半径方向に続く羽根を、効果的に内部冷却すべく利用される。隙間空間内で加圧状態の冷却材は、流路内の高温活動流体を封じるべく利用できる。シール要素の構造的な形状と空洞室内における冷却材の圧力の選定で、冷却材と高温活動流体の圧力差を十分に小さくできる。しかしその圧力差は、高温活動流体に対する封じ作用を得るのに十分な大きさに保つ。このため、隙間空間内にかかる冷却材の圧力は、高温活動流体の上流側圧力より僅かだけ高ければよい。シール要素の漏れ止め作用が大きければ大きい程、流路への冷却材の残留漏洩流が少なくなる。

## 【0021】

シール要素及び／又はもう1つのシール要素を、外周面の凹所、特に溝に係合させるとよい。シール要素の脱落防止及び／又は流体機械の定常運転中或は過渡的荷重時における遠心力作用下でのシール要素の抜け止めは、シール要素が適当な凹所に係合することで達成される。更にその凹所により外周面上に、凹所の部分面として形成されたシール面を作るとよい。凹所が溝である場合、シール面は例えば溝底として形成する。シール要素に係合する際、最良の漏れ止め作用を得るため、シール面を相応した小さな表面荒さにする。例えば外周面にフライス或は旋盤を用いた切削加工で本来の溝を製造した後、その溝底を研磨加工すると、所望の荒さのシール面が生ずる。

## 【0022】

シール要素が半径方向に移動可能であると好ましい。これにより、シール要素が遠心力の作用下で、ロータの回転軸線から半径方向に遠ざかるようにできる。この特性は、動翼の翼台座に優れた漏れ止め作用を得るための確に利用できる。シール要素は、遠心力の作用下で、円周方向に互いに隣接し外周面から半径方向に間隔を隔てた翼台座に接触し、これに強く押し付けられる。シール要素の半径方向移動性は、凹所およびシール要素の適宜な寸法づけにより保障される。またこれに伴い、高温運転時の酸化作用や腐食作用でシール要素が焼きつく恐れはなく、点検のため或は動翼が損傷した際、補助的な工具を利用せずに、シール要素を簡単に取り外し、必要なら交換できるという利点が生じる。更に凹所、特に溝に係合するシール要素の或る公差は、それにより熱膨張が許容され、従ってロータの熱応力が避けられるので、非常に有益である。

## 【0023】

好適には、シール要素が第1、第2部分シール要素を有し、これら両要素が互いにかみ合う。この場合部分シール要素は、隙間空間の個々に漏れ止めすべき部位に対し、特別に部分的な漏れ止め機能を負うよう形成する。隙間空間のそのような異なった部位は、例えば溝底、第1動翼の翼台座或は第2動翼の翼台座における適当なシール面により形成される。部分シール要素は、その対配置により互いに補い合って1つのシール要素を形成し、その対配置の部分シール要素の漏れ止め作用は、1つの部分シール要素よりも大きい。隙間空間における各々塞ぐべき部位に特別に合わせて部分シール要素を形成すれば、対配置の部分シール要素の漏れ止め作用は、例えば単一のシール要素で実現されるよりも大きくなる。

## 【0024】

好適には、第1および第2部分シール要素は、円周方向に相対移動できる。これにより、部分シール要素から適合した装置が形成される。部分シール要素の円周方向での相対運動により、ロータの熱的及び／又は機械的負荷に関係して、部分シール要素を互いにぴったりとかみ合わせられる。部分シール要素から成る漏れ止め装置は、例えば遠心力のような全ての外力並びに基準力および軸受力の作用下でその漏れ止め作用を発生させるため、いわば自動的に調整されるように形

成される。更に、熱的或は機械的に発生する応力は、相対移動可能な対配置の部分シール要素により、かなり良好に相殺される。

#### 【0025】

本発明の有利な実施態様において、第1および第2部分シール要素は、各々外周面に隣接する円板シール縁と、翼台座に隣接する翼台座シール縁とを持つ。翼台座シール面は、更に翼台座部分シール面に機能的に分けられる。例えば部分シール要素に、第1および第2翼台座部分シール縁が設けられ、第1翼台座部分シール縁が第1動翼の翼台座に隣接し、第2翼台座部分シール縁が第2動翼の翼台座に隣接する。このように機能を分割すると、部分シール要素の構造を、第1および第2動翼の受体における据付け幾何学形状に簡単に適合させられる。部分シール要素の相応の形状により、円板シール縁が外周面を塞ぎ、翼台座シール縁が動翼の翼台座を塞ぎ、その結果、最良のかみ合い結合が生ずる。

#### 【0026】

第1、第2の両部分シール要素を、対を成して1つのシール要素の形に配置することで、特に有効な漏れ止めが生ずる。好適には、第1および第2部分シール要素を互いに重なり合わせ、第1部分シール要素の翼台座シール縁および円板シール縁を、第2部分シール要素の翼台座シール縁ないし円板シール縁に隣接させる。これによって、両部分シール要素の対配置において、良好なかみ合い結合が実現し、従って、シール要素により、隙間空間への高温活動流体の侵入及び／又は流路への冷却材の流出に対する良好な漏れ止めが達成できる。

#### 【0027】

シール要素は、耐熱材料、特にニッケル或はコバルト基合金で作るとよい。これら合金は更に十分な弾性変形特性を備える。この結果、シール要素の材料の汚れと拡散損傷とを防止し、更にロータ、特に動翼の翼台座の様な熱膨張を保障するため、ロータの材料に合わせて選定することができる。

#### 【0028】

本発明の有利な実施態様では、漏れ止め装置はラビリンスパッキン、特にラビリンス隙間パッキンを備える。ラビリンスパッキンの作用は、漏れ止め装置での高温活動流体及び／又は冷却材のできるだけ効果的な絞りと、それに伴う、隙間

空間を通過する軸方向の漏洩流（漏洩質量流量）の抑制とに基づく。その場合、ラビリンス隙間パッキンで一般に生ずる、既存の漏れ隙間を通る残留漏洩流は、所謂ブリッジ係数を考慮して計算できる。パッキンの前後での流れパラメータが同じであり、ラビリンスパッキンの主寸法（シール隙間寸法、シール隙間幅、パッキンの軸方向全長）が同じなら、開きパッキンとも呼ばれるラビリンス隙間パッキンは、シール隙間を通る漏洩流が、所謂櫛・溝形パッキンに比べ、3.5倍程大きい。しかしラビリンス隙間パッキンは、櫛・溝形パッキンに比べ、残存するシール隙間に基づき、ロータにおける熱的及び／又は機械的に生ずる大きな相対膨張に対しても適用可能という大きな利点を持つ。

#### 【0029】

漏れ止め装置は、特に回転円板材料を切削加工し一体部品として製造するとよい。漏れ止め装置を、例えばラビリンスパッキンとして形成する場合、これは、回転円板の外周面上に円周方向に延び、軸方向に互いに間隔を隔てた少なくとも2つのシール要素により実現できる。これらシール要素は、回転円板の中実体に旋盤加工で形成した絞り板により実現できる。この一体形製造方式は、ラビリンスパッキンと外周面との補助的な結合要素が不要と言う利点を有する。従って、製造技術上、回転円板の加工およびラビリンスパッキンの製造が、旋盤により一回の工程で実施でき、コスト的に非常に有利である。更に、唯一の材料を利用するので、回転円板とラビリンスパッキン間に熱的に応力が生じない。また漏れ止め装置を、例えば回転円板に溶接した絞り板或は外周面にある溝にかしめ付けた絞り板によって形成できる。

#### 【0030】

好適には、シール要素は、半径方向外側端にシール尖端、特に刃先を有する。

#### 【0031】

隙間空間を通る残留漏洩流は、実現可能なシール隙間幅、即ち例えばシール要素の半径方向外側端ととこれに隣接する漏れ止めすべき翼台座との間の距離により決定的に影響される。シール隙間幅をできるだけ小さくするため、シール要素の半径方向外側端を尖らせる。シール尖端或は刃先を翼台座の半径方向据付けしるに比べ小さな偏差で作れば、シール隙間を閉鎖ができる。シール尖端或は刃先

が翼台座をかすめることで、動翼を受体に、例えば回転円板の軸方向溝内にはめ込んだ際、シール隙間が閉じる。かくしてシール隙間が塞がり、良好な漏れ止め作用が得られ、軸方向漏洩流が一層減少する。この結果、通常の形状と比べ、受体への動翼の据付けしろをかなり減少できる。従来は通常約0.3～0.6mmであった最小据付けしろが、本発明に基づく構成によって、約0.1～0.2mm、即ち約3分の1に減少する。

#### 【0032】

本発明の有利な実施態様では、軸方向に延びる隙間を塞ぐため隙間シール要素を設ける。隙間は第1動翼の翼台座と第2動翼の翼台座との間に形成され、隙間空間に連通する。隙間シール要素は、隙間を通して漏洩流が生ずるのを防ぐ。そのような漏洩流は半径方向に向き、隙間空間から隙間を通して半径方向外側に、並びに隙間を通して隙間空間内に半径方向内側に向いている。

#### 【0033】

この場合、種々の方式が考えられる。

#### 【0034】

例えば隙間の半径方向外側に、流体機械、例えば圧縮機やガスタービンの流路が続いているとき、隙間シール要素により、活動流体、例えばガスタービンにおける高温ガスが隙間を違って半径方向内側に隙間空間に流入するのを防止する。これに伴い、ロータ、特に動翼は、隙間空間での酸化及び／又は腐食作用から保護される。同時に隙間シール要素は、冷却材、例えば冷却空気が隙間空間から隙間を通して半径方向外側に流路へ流出するのを防止する。本発明の他の実施態様では、円周方向に互いに隣接する動翼（所謂箱形動翼）で形成される空洞室が、隙間の半径方向外側に続いている。この場合、一方で隙間シール要素が、隙間空間から隙間を違って半径方向外側に向かい空洞室内に高温活動流体が流入するのを防ぐ。他方、隙間シール要素で塞がれた空洞室に、冷却材、例えば冷却空気が供給される。冷却材は空洞室を加圧状態にし、例えば熱的に大きく負荷される動翼の効果的な内部冷却や他の冷却に利用される。空洞室内で加圧状態にある冷却材の他の有利な利用法は、流路内の高温活動流体の閉塞作用である。

#### 【0035】



隙間シール要素は、遠心力の作用下で隙間内に食い込み、この隙間を塞ぐ隙間シール縁を持った隙間シール板により作られる。隙間シール要素の隙間シール板としての利用は、単純で安価な方式である。その場合、例えば縦軸と横軸とを有する薄い金属帯板として形成できる。隙間シール縁は金属帯板の中央をその長手軸線に沿って延び、金属帯板の折り曲げ加工で簡単に作れる。隙間シール要素は隙間空間内に配置する。流体機械の運転中、隙間シール要素は、回転に伴い生ずる半径方向外側に向く遠心力によって、互いに隣接する翼台座に強く押し付けられ、隙間シール縁が隙間内に食い込み、この隙間を効果的に塞ぐ。

#### 【0036】

隙間シール要素は耐熱材料、特にニッケル或はコバルト基合金で作るとよい。これら合金は十分な弾性変形特性をも備える。隙間シール要素の材料はロータの材料に合わされ、これによって、汚れおよび拡散損傷が防止される。更に、ロータ、特に動翼の翼台座の様な熱膨張或は熱収縮が保障される。

#### 【0037】

隙間シール要素は、漏れ止め装置に半径方向で隣接して設けるとよい。外周面に配置された漏れ止め装置、特にラビリンスパッキンと隙間シール要素とを組み合わせることで、高温活動流体及び／又は冷却材の漏洩流に対し、隙間空間の特に効果的な漏れ止めを達成できる。これにより、特に軸方向に延びる隙間を塞ぐため、隙間シール要素の遠心力による漏れ止め作用が継続的に生ずる。この組合せにおいて、漏れ止め装置は軸方向に向かう漏洩流を防止し、隙間シール要素は半径方向に向かう漏洩流を防止する。更にこの機能分離により、構造的に、種々のロータ幾何学形状に柔軟に適合させられる。従って、隙間シール要素と漏れ止め装置は、互いに非常に有効に補い合う。

#### 【0038】

本発明の有利な実施態様では、回転軸線に沿って延びるロータを備えた流体機械において、受体が周溝により形成され、その場合、外周面が、回転軸線の軸方向の両側に、外周面（第1外周面、第2外周面）を有し、その両外周面（第1、第2外周面）が各々軸方向で周溝に隣接し、隙間空間内で、その一方及び／又は両方の外周面（第1、第2外周面）上に、漏れ止め装置が設けられる。

## 【0039】

動翼の取付け装置は、流体機械の運転中、流れ力と遠心力と翼振動とによる翼荷重を、大きな安全性で確実に受け、発生した力を動翼に伝達し、最終的にロータ全体に伝達せねばならない。動翼を軸方向溝に取付ける以外、特に荷重が小から中程度である場合、周溝に動翼を取付ける方式が広く普及している。その場合、荷重に応じ種々の形態が知られている（1989年、Dr. アルフレッド・ヒュティッヒ出版（ハイデルベルク）、I. コスモロウスキ、G. シュラム共著の本「ターボ マシーネン(Turbo Maschinen)」、ISBN3-7785-1642-6、第113～117頁参照）。短い動翼は受ける遠心力と曲げモーメントが小さく、この動翼の取付けに、例えば簡単に製造できる、所謂横断面T形溝継手方式が採用されている。羽根が長く、従って大きな遠心力を生ずる動翼の場合、回転円板構造のロータでは、特別な構造的処置で、回転円板が第1、第2外周面の範囲で、周溝の高さで曲がるのを防がねばならない。これは、例えば周溝の高さに中実の回転円板、係留されたT形翼脚或は係留されたサドル形翼脚により行える。しかも回転円板への良好な力伝達は、例えば横断面クリスマスツリー形溝継手方式で達成される。隙間空間を塞ぐための上述の構成は、いずれの場合も、動翼が周溝に取り付けられるロータにも、非常に柔軟に転用できる。

## 【0040】

好適には、流体機械はガスタービンである。

## 【0041】

以下図に示した実施例を参照して本発明を詳細に説明する。各図において同一部分には同一符号を付してある

## 【0042】

図1はガスタービン1を縦断面図で示す。ガスタービン1は、燃焼用空気の圧縮機3と、液体或は気体燃料用のバーナ7を備えた燃焼器5と、圧縮機3および発電機（図示せず）を駆動するタービン9とを備える。タービン9に、ガスタービン1の回転軸線15に沿い、複数の静翼11と動翼13が交互に配置されている。静翼11と動翼13は、各々半径方向に厚みを持つ輪（図示せず）に取り付けられている。ガスタービン1の回転軸線15に沿って連続する一对の静翼11

の輪（静翼列）と動翼13の輪（動翼列）は、タービン段と呼ばれる。各静翼11は、これをタービン内部車室19に固定する翼台座17を有する。翼台座17はタービン9における壁要素ともなっている。翼台座17は熱的に強く負荷される構造部品であり、タービン9の流路21の外側境界部を形成している。動翼13は、ガスタービン1の回転軸線15に沿って配置されたタービンロータ23上に、翼台座17を介して取り付けられている。タービンロータ23は、例えば動翼13を受ける複数の回転円板（図1に図示せず）からなっている。これら回転円板はタイロッド（図示せず）で互いに結合され、ハース(Hirth)形セレーションにより、熱膨張許容差をもって、回転軸線15に心合わせされている。タービンロータ23は動翼13と共に、流体機械1、特にガスタービン1のロータ25を形成する。ガスタービン1の運転中、空気Lが大気から吸い込まれ、圧縮機3で圧縮され、この結果同時に予熱される。空気Lは燃焼器5内で液体燃料或は気体燃料と一緒にされ、燃焼される。空気Lの一部が圧縮機3の適当な抽出箇所27から取り出され、タービン段を冷却する冷却空気Kとして使われる。例えば第1タービン段は、約750～1200℃のタービン入口温度で運転される。タービン9で、高温活動流体A（以下高温ガスAと呼ぶ）が膨張して冷える。高温ガスAはタービン段を通して流れ、ロータ25を回転させる。

#### 【0043】

図2は、ロータ25の回転円板29の一部を斜視図で示す。回転円板29はロータ25の回転軸線15に心合わせされている。回転円板29はガスタービン1の動翼13を固定する受体33を備える。受体33は回転円板29の凹所35、特に溝で形成されている。凹所35は回転円板軸方向溝37として、特に横断面クリスマスツリー状軸方向溝として形成されている。回転円板29は、その半径方向の外側端に配置された外周面31を有する。外周面31は、ロータ25ないし回転円板29の両側ラジアル境界面により規定されている。そのように規定された外周面31は、回転円板に軸方向溝37として形成された受体33を有していない。外周面31上に、第1外周面端39Aと第2外周面端39Bとが形成されている。即ち、第1外周面端39Aおよび第2外周面端39Bは、外周面31上で、回転軸線15の軸方向の両端に位置している。また外周面31上に、外周

面中央部位41が形成され、この部位41は、軸方向において、第1外周面端39Aと第2外周面端39Bとにより境界づけられている。

【0044】

図3は、動翼13Aをはめ込み固定した回転円板29を部分的斜視図で示す。回転円板29は、全周に分布した多数の回転円板溝37A、37Bを持つ。回転円板溝37A、37Bは、回転円板29の外周面31に向いて開き、ロータ25の回転軸線15に対し平行に延びているが、これに対し傾斜していてもよい。回転円板溝37A、37Bにアンダーカット59が設けてある。動翼13Aの翼脚43Aが回転円板溝37A内に、回転円板溝37Aのはめ込み方向57に沿ってはめ込まれている。翼脚43Aはその長手突条部61で回転円板溝37Aのアンダーカット59に接触支持されている。かくして動翼13Aは、回転軸線15を中心とした回転円板29の回転中、動翼13Aの長手軸線47の方向に生ずる遠心力に抗し確実に保持される。動翼13Aはその翼長手軸線47に沿って翼脚43Aの半径方向外側に、幅広く形成された部位、所謂翼台座17Aを有する。翼台座17Aは回転円板側底面63と、該底面63と反対側の外側面64とを備える。翼台座17Aの外側面65に、動翼13Aの羽根45がある。ロータ25の運転に必要な高温ガスAは羽根45に沿って流れ、回転円板29にトルクを発生させる。ロータ25の運転温度が高い場合、動翼13Aの羽根45は内部冷却系統（図3に図示せず）を必要とする。その場合、冷却材K、例えば冷却空気が、回転円板29を貫通する通路（図示せず）を通り動翼13Aの翼脚43A内に導かれ、そこから内部冷却系統の適当な供給路（図3に図示せず）に導かれる。冷却材K、特に冷却空気が翼脚43Aおよび翼台座17の範囲で早期に流出するのを防ぐため、漏れ止め装置51が存在する。漏れ止め装置51は、外周面31において、第2外周面端39Bに配置されている。漏れ止め装置51は、回転円板29の円周方向に延びるシール要素53を有する。シール要素53に対し軸方向に間隔を隔てて、回転円板29の円周方向に延びるもう1つのシール要素55が設けてある。両シール要素53、55は、各々外周面31上の凹所35、特に溝に係合している。第1動翼13に隣接する第2動翼13Bを一点鎖線で示す。第2動翼13Bは、回転円板29の円周方向において第1回転円板溝37Aに間隔

を隔てて隣り合う第2回転円板溝37Bにはめ込まれている。第1動翼13Aの翼台座17Aと、第2動翼13Bの翼台座17Bと、回転円板29の外周面31とで、隙間空間49が生じている。漏れ止め装置51は、隙間空間49を塞ぐ。この結果、高温ガスAが軸方向に第2外周面端39Bを越えて隙間空間49に到達し、動翼13A、13Bの翼脚43A、43Bや翼台座17A、17Bの部位が損傷するのを確実に防止し、更に冷却材Kが隙間空間49から軸方向に外周面31に沿い、第2外周面端39Bを越えて流出するのを防止できる。

#### 【0045】

図4は、漏れ止め装置51付きの動翼13を側面図で示す。漏れ止め装置51を図4に部分断面図で示す。漏れ止め装置51は隙間空間49内で、第1および第2外周面端39A、39Bに配置されている。高温ガスAの流れ方向に関し、第1外周面端39Aは上流、第2外周面端39Bは下流において、各々外周面31上に存在している。上流側の第1外周面端39Aに配置された漏れ止め装置51は、第1に隙間空間49への高温ガスAの流入を制限する。これにより、外周面31の範囲での動翼13と回転円板29の損傷を防止できる。下流側の第2外周面端39Bに配置された漏れ止め装置51は、主に隙間空間49内で冷却材K、例えば所定の圧力の冷却空気Kが、軸方向に外周面31に沿って第2外周面端39Bを越えて（ガスタービン1の）流路に流出するのを、できるだけ効果的に阻止すべく働く。ロータ25の運転中、高温ガスAは流れ方向に膨張する。このため、高温ガスAの圧力は流れ方向に連続して低下する。従って、隙間空間49内で或る圧力にある冷却材Kは、隙間空間49から低い周囲圧の方向に、即ち下流側に配置された第2外周面端39Bに向けて流出する。第1および第2外周面端39A、39Bにおける漏れ止め装置51は、隙間空間49を両方向で塞ぐ。従ってこの方式は、隙間空間49への高温ガスAの流入並びに隙間空間49からの冷却材Kの流出に対し、大きな安全性を持つ。

#### 【0046】

第1外周面端39Aにおける漏れ止め装置51は、回転円板29の円周方向に延びるシール要素53を有する。このシール要素53は、外周面31に加工された凹所35、特に溝に係合している。第2外周面端39Bにおける漏れ止め装置

51も、円周方向に延びるシール要素53を有する。第2外周面端39Bにもう1つのシール要素55があり、このシール要素55は回転円板29の円周方向に延び、先のシール要素53に対し軸方向に間隔を隔てて配置されている。

#### 【0047】

1つ或は複数のシール要素53、55による漏れ止め装置51の形成は、隙間空間49に生ずる冷却材K及び／又は高温ガスAの軸方向漏洩流を確実に防止するのに適する。即ち、第1外周面端39Aを越え、外周面31に沿って隙間空間49に流入する、例えばガスタービン1の流路からの高温ガスAの軸方向漏洩流が、第1外周面端39に配置した漏れ止め装置51により有効に防止される。同時に、隙間空間49から第2外周面端39Bに沿って流れる軸方向漏洩流の流出が、シール要素53、55の形をした障害物により確実に防止される。

#### 【0048】

このシール要素53、55の多重配置により、隙間空間49に起る漏洩流はかなり減少する。従って、塞がれた隙間空間49は、冷却材K、例えば冷却空気Kに対し良好に利用できる。冷却材Kは加圧され、熱的に大きく負荷されるロータ25、特に翼台座17およびこの翼台座17に翼長手軸線47の方向で隣接する羽根45を、効果的に内部冷却するために利用される。隙間空間49内での、加圧状態にある冷却材Kの別の有利な利用は、ガスタービン1の流路における高温ガスAに対する閉塞作用にある。冷却材Kの閉塞作用により、隙間空間49への高温ガスAの流入は十分阻止される。

#### 【0049】

シール要素53、55は、各々凹所35内に半径方向に移動可能に配置されている。これに伴い、ロータ25の運転中に、シール要素53、55にかかる遠心力の作用に基づき、通常形状のシール要素に比べて、良好な漏れ止め作用が得られる。シール要素53、55は、遠心力の作用下で、翼長手軸線47に対し平行に半径方向外側に移動する。その場合、翼台座17の回転円板側底面63が、隙間空間49から或は隙間空間49への軸方向漏洩流を、非常に有効に塞ぐ。シール要素53、55の半径方向移動性は、凹所35とシール要素53、55の相応した形成により保障される。これに伴い、高温運転中の酸化作用或は腐食作用に

よりシール要素53が焼きつく恐れはなく、必要な点検目的のために、或は動翼13の損傷時に、補助的な工具を用いることなく、シール要素53、55を問題なしに取り外し、場合により交換できる。

#### 【0050】

また、凹所35、特に溝に係合するシール要素53、55に或る公差を持たせると非常に望ましい。これに伴い、熱膨張が可能となり、熱応力の発生が避けられる。シール要素53、55は、第1および第2部分シール要素67A、67Bを有する。第1および第2部分シール要素67A、67Bは互いにかみ合っている。部分シール要素67A、67Bは、それらの対配置によって、互いに補い合って特別の1つのシール要素53、55を形成し、部分シール要素67A、67Bの対配置で得られる漏れ止め作用は、唯一の部分シール要素67A、67Bの漏れ止め作用より大きい。隙間空間49の漏れ止めすべき範囲に合わせて部分シール要素67A、67Bを特に有利に形成することで、対配置で得られる漏れ止め作用は、例えば単一形シール要素53で実現できる漏れ止め作用より大きい。部分シール要素67A、67Bの考え得る特に有利な形成について、以下図5A～図5Dおよび図6A～図6Dを参照して説明する。

#### 【0051】

図4に示すシール要素53、55は、互いにかみ合う2つの部分シール要素67A、67Bからなる。図5A～図5Dは、第1部分シール要素67Aを種々の方向から見た図である。

#### 【0052】

図5Aは、第1部分シール要素67Aを斜視図で示す。このシール要素67Aは円板シール縁69と、この縁69と反対側に位置する翼台座シール縁71とを有する。部分シール要素67Aを組み立てた状態において、円板シール縁69は回転円板外周面31に、翼台座シール縁71は翼台座17の回転円板側底面63に各々隣接する。図5B、図5C、図5Dは各々第1部分シール要素67Aの平面図、正面図、側面図である。翼台座シール縁71は翼台座第1シール縁71Aと翼台座第2シール縁71Bとを有する。翼台座シール縁71をこのように2つの翼台座部分シール縁71A、71Bに分けることで、回転円板29への動翼1

3、動翼13Bの各据付け幾何学形状(図3および図4参照)に、第1部分シール要素67Aの構造を、簡単に適合させることができる。

【0053】

第2部分シール要素67Bは、第1部分シール要素67Aに対応して形成されている。図6A～図6Dは、図4に示すシール要素53の第2部分シール要素67Bを種々の方向から見た図である。第2部分シール要素67Bは、第1部分シール要素67Aと同様、円板シール縁69と、その反対側に位置する翼台座シール縁71とを有する。翼台座シール縁71は、機能的に翼台座部分シール縁71A、71Bに分かれている。即ち、翼台座第1および第2部分シール縁71A、71Bが存在する。各部分シール要素67A、67Bは、各質量重心がそれらに付属する翼台座部分シール縁71A、71Bにぴったり隣接するように形成されている。これは、各部分シール要素67A、67Bを、薄い材料厚さ部位と厚い材料厚さ部位とで段階づけて構成することで達成される。各厚さ部位は、翼台座部分シール縁71A、71Bに精確に関連づけられている。

【0054】

部分シール要素67A、67Bをこのように特別に形成すると、円板シール縁69が回転円板外周面31を確実に塞ぎ、翼台座シール縁71ないし各翼台座部分シール縁71A、71Bが動翼13の翼台座17を確実に塞ぐ。その場合、かみ合い結合および優れた機械的強度が得られる。第1および第2部分シール要素67A、67Bは、対を成してシール要素53の形に配置されている。これにより、非常に有効なパッキンが得られる。各部分シール要素67A、67Bは、これらを組み立てた状態で互いにかみ合い重なり合うように形成されている。その場合、第1部分シール要素67Aの翼台座シール縁71および円板シール縁69は、各々第2部分シール要素67Bの翼台座シール縁71ないし円板シール縁69に隣接する。両部分シール要素67A、67Bは、各々材料厚さが異なる部位が互いに接触するよう、配置されている。

【0055】

従って、両部分シール要素67A、67Bを対を成して配置することで、非常に良好なかみ合い結合が生じ、その結果、シール要素53により、隙間空間49



への高温ガスAの侵入及び／又は流路への冷却材Kの流出（図4参照）に対し良好な密封作用が生ずる。部分シール要素67A、67Bは、例えば金属シール板として形成される。材料として、耐熱性を有し且つ十分な弾性変形特性を有する材料が選定される。それに適した材料として、例えばニッケル又はコバルト基合金が利用される。これに伴い、部分シール要素67A、67Bの材料をロータ25の材料に合わせて選定できる。その結果、汚れや拡散腐食を避け、ロータ25は殆ど応力を生ずることなく一様に熱膨張できる。

#### 【0056】

図7は、シール要素53を備えたロータ25の一部を軸方向正面図で示す。ロータ25は回転円板29を備える。回転円板29は円周方向に分布して多数の回転円板溝を持つ。即ちここでは、第1回転円板溝37Aと、該溝37Aに回転円板29の円周方向に間隔を隔てて隣接する第2回転円板溝37Bがある。第1および第2動翼13A、13Bが回転円板29にはめ込まれている。第1動翼13Aの翼脚43Aは第1回転円板溝37Aに、第2動翼13Bの翼脚43Bは第2回転円板溝37Bにはめ込まれている。第1動翼13Aの翼台座17Aは第2動翼13Bの翼台座17Bに隣接し、両翼台座17A、17Bと回転円板外周面31間に隙間空間49が存在する。隙間空間49内の外周面31上に、シール要素53が設けてある。シール要素53は円板シール縁69と、該円板シール縁69と反対側に位置する翼台座第1および第2部分シール縁71A、71Bを持つ。シール要素53は凹所35内、特に外周面31の溝内にはめ込まれている。円板シール縁69は外周面31に隣接している。翼台座第1部分シール縁71Aは第1翼台座17Aの回転円板側底面63に隣接し、翼台座第2部分シール縁71Bは第2翼台座17Bの回転円板側底面63に隣接している。その場合、シール要素53は、図5A～図5D及び図6A～図6Dにおいて述べたように、互いにかみ合い半径および円周方向に移動できる対配置の2つの部分シール要素67A、67Bで構成できる。これにより、隙間空間49を特に効果的に塞げる。特に、隙間空間49からの、或は隙間空間49への軸方向に向う漏洩流を効果的に防止できる。この場合、ロータ25の回転中、シール要素53は、遠心力の作用下、翼長手軸線47に対し平行に、ロータ25の回転軸線15から半径方向外側に遠

ざけられる。この作用は、隣接する2つの動翼13A、13Bの互いに隣り合う翼台座17A、17Bで高度の漏れ止め作用を得るべく利用される。シール要素53ないし図7に示さない対配置の各部分シール要素67A、67B（図5A～図5D並びに図6A～図6D参照）は、遠心力の作用下、円周方向に互いに隣り合い外周面31から半径方向に間隔をおいた翼台座17A、17Bに接触し、回転円板側底面63に固く押し付けられる。

#### 【0057】

凹所35、特に溝とシール要素53とを相応に寸法づけることで、十分な半径方向移動性が保障される。加えて、回転円板29の円周方向におけるシール要素53の可動性を保証している。シール要素53、特に図7に示さない対配置の各部分シール要素67A、67B（図5A～図5Dおよび図6A～図6D参照）は、例えば遠心力等の全外力並びに基準力及び／又は軸受力の作用下で、自ずと閉塞作用を発生すべく調整される。翼長手軸線47に対する翼台座部分シール縁71A、71Bの傾斜は、翼台座17A、17Bの回転円板側底面63の傾斜に対応する。この結果、良好なかみ合い結合が生じ、翼長手軸線47に対する傾斜により、シール要素53とそれに隣接する回転円板側底面63に、漏れ止めにとり良好な力分布が生ずる。互いに隣接する翼台座17A、17B間に、組立上、隙間73が生ずる。隙間73は隙間空間49に連通し、必要なら単純な隙間シール要素によって塞がれる（図11とその説明参照）。

#### 【0058】

図8は、図7と異なる構成のシール要素53を備えたロータ25の一部を軸方向正面図で示す。第1動翼13Aの翼台座17Aは、それに隣接する第2動翼13Bの翼台座17Bに対し半径方向にずらされている。回転円板溝37A、37Bがロータ25の回転軸線15に対して傾斜していると、一般に据付け上、円周方向に互いに隣接する翼台座17A、17B間に半径方向ずれ $\delta$ が生ずる。シール要素53ないし図7に示さない、対を成してシール要素53の形に配置される各部分シール要素67A、67B（図5A～図5Dおよび図6A～図6D参照）は、ずれ $\delta$ をかみ合い結合して塞ぐ充填シール縁75を備えている。従ってこの漏れ止め機構は、シール要素53の相応した形成によって、種々のロータ幾何学

形状および据付けしるに柔軟に利用できる。

#### 【0059】

図9は、回転円板29にはめ込まれた動翼13を側面図で示す。その場合、隙間空間49内で、漏れ止め装置51は外周面31の外周面中央部位41に配置されている。漏れ止め装置51はラビリンスパッキン51A、特にラビリンス隙間パッキン51Aを形成する。ラビリンス隙間パッキン51Aは、外周面中央部位41上に、軸方向に互いに間隔を隔てて配置され、回転円板29の円周方向に延びる複数のシール要素53からなる。個々のシール要素53は、外周面中央部位41にかしめた絞り板77A～77Eで形成されている。種々の絞り板77A～77Eで作られたラビリンス隙間パッキン51Aの作用は、漏れ止め装置51Aにおける高温ガスA及び／又は冷却材Kの可能な限り効果的な絞りと、それに伴い隙間空間49を通る軸方向の漏洩流の大幅な減少とに基づく。絞り板77A～77Eの半径方向外側端79は、翼台座17の回転円板側底面63からシール隙間81により間隔を保たれている。ラビリンス隙間パッキン51Aの場合に通常生ずるこのシール隙間81により、隙間空間49に残留漏洩流が生ずる。漏洩流は、ラビリンス隙間パッキン51Aの絞り板77A～77Eを適宜に形成し、配置することで、所定の大きさに制限できる。隙間パッキン51Aは、他の考え得るラビリンスパッキンに比べ、熱的及び／又は機械的に生じるロータ25の相対膨張に対し、シール隙間81により公差を与えられるという利点を有する。

#### 【0060】

図10は、図9の漏れ止め装置51の異なる実施例を示す。この装置51も同様にラビリンス隙間パッキン51Aとして形成できるが、これを一体品として、特に回転円板29を切削加工して作ってもよい。前記パッキン51Aは、回転円板29の外周面中央部位41上に配置する。ラビリンス隙間パッキン51Aは回転円板29の円周方向に延び、軸方向に互いに間隔を隔てて配置した複数のシール要素53を備える。シール要素53は、回転円板29の中実体から旋盤加工した4つの絞り板77A～77Dから成る。この製造方法によれば、ラビリンス隙間パッキン51Aと外周面31の間に、補助的な結合要素は要らない。これは方法技術的に安価な方式でもある。更に、唯一の材料しか利用しないから、回転円

板29とラビリンス隙間パッキン51A間に熱応力が起る問題もない。また、例えば回転円板に溶接した絞り板77Aで、シール要素53も形成できる。シール要素53は、半径方向外側端79にシール尖端83、特に刃先を有する。シール隙間81は、シール要素53の半径方向外側端79を尖らせれば、大幅に縮小できる。その結果、隙間空間49を通る残留漏洩流は一層減少する。その場合、シール尖端83或は刃先を翼台座17の半径方向据付けしろに対し小さな偏差（オフセット）で作れば、シール隙間の橋渡し（封鎖）も実現する。シール尖端83や刃先が翼台座17の回転円板側底面63をかすめることで、動翼を回転円板29に取り付けた際、シール隙間81が橋渡し（封鎖）される。かくして、シール隙間81は實際上完全に塞がり、高度な漏れ止め作用が生じ、隙間空間49における高温ガスA或は冷却材Kにより起こる軸方向漏洩流は一層減少する。

#### 【0061】

図11は、動翼13Aがはめ込まれた回転円板29の一部を斜視図で示す。動翼13Aの翼脚43Aは、第1回転円板溝37Aにはめ込まれている。第2動翼13Bを一点鎖線で示し、これは回転円板29の円周方向に第1動翼13Aの隣に配置され、その翼脚43Bは第2回転円板溝37Bにはめ込まれている。外周面31上に、外周面中央部位41上にラビリンス隙間パッキン51Aとして形成した漏れ止め装置51が配置されている。この装置51は、回転軸線15の軸方向に互いに間隔を隔てて配置され、回転円板29の円周方向に延びる複数のシール要素53から成っている。第1動翼13Aの翼台座17Aと第2動翼13Bの翼台座17Bとの間に、軸方向に延びる隙間73があり、隙間空間49に連通している。隙間73を塞ぐため、隙間シール要素85が存在する。隙間シール要素85は、隙間シール縁87を持つ適当な隙間シール板で簡単に実現する。隙間シール縁87は、遠心力の作用下で、隙間73内に食い込み、これを塞ぐ。隙間シール要素85は隙間空間49内に、これが漏れ止め装置51、特にラビリンス隙間パッキン51Aの半径方向に隣接するよう配置されている。隙間シール要素85により、隙間73を通して漏洩流が生ずるのを十分に防止できる。隙間73を通るそのような漏洩流は、主に半径方向に向き、隙間空間49から隙間73を通して半径方向外側に、そして隙間73を通して隙間空間49内で半径方向内側に

向いている。回転円板29の円周方向に、互いに隣接する動翼13A、13Bの翼台座17A、17Bにより空洞室97が形成されている。この空洞室97は、隙間73の半径方向外側に続いている（箱形動翼13A、13B）。この場合一方では、隙間シール要素85が、隙間空間49から隙間73を通して半径方向外側に空洞室97内に高温ガスAが流入するのを防止する。他方で、隙間シール要素85により塞がれた空洞室97に、冷却材K、例えば冷却空気Kを供給できる。冷却材Kは空洞室97に加圧状態で導入され、そこで、熱的に大きく負荷される動翼13A、13Bの効果的な内部冷却に利用され或は他の冷却目的に利用される。更に、空洞室97内で加圧状態にある冷却材Kは、（ガスタービンの）流路における高温ガスAの閉塞作用に利用される。

#### 【0062】

隙間シール要素85は、ロータ25運転中の高温に耐えそして高温ガスAの酸化特性および腐食特性に対して強くするため、耐熱材料、特にニッケル或はコバルト基合金で作られている。

#### 【0063】

図12は、図11のXII-XII線に沿う断面図を示す。隙間シール要素85は隙間空間49内に配置され、シール要素53の半径方向外側に隣接する。ロータ25の運転中、隙間シール要素85は回転運動に伴い、翼長手軸線47に沿って半径方向外側に向う遠心力により、互いに隣接する翼台座17A、17Bの回転円板側底面63に固く押し付けられ、隙間シール縁87は隙間73内に食い込み、これに伴い隙間73を確実に塞ぐ。隙間シール要素85を外周面中央部位41の漏れ止め装置51、特にラビリンスパッキン51Aと組み合わせることで（図11参照）、隙間空間49に生ずる高温ガスA及び／又は冷却材Kの漏洩流に対し、特に効果的な漏れ止めが達成できる。この組合せで、漏れ止め装置51は主に軸方向に向いた漏洩流を防止し、隙間シール要素85は主に半径方向に向いた漏洩流を防止する（図11参照）。かくして隙間シール要素85および漏れ止め装置51は互いに非常に有効に補い合う。

#### 【0064】

回転円板29の軸方向に延びた回転円板溝37に動翼13を固定する以外、異

なる翼固定方式も知られている。図13～15は、その異なる翼固定方式における上述の漏れ止め装置の利用を示している。

#### 【0065】

図13は、回転軸線15に沿って延びるロータ25のロータ軸89の一部を一部断面図で示す。受体33は、ロータ軸89の全周にわたって延び、外周面31に加工され、軸方向に互いに間隔を隔てて配置された複数の周溝91により作られている。外周面31は回転軸線15の軸方向に互いに間隔を隔てられた第1外周面93と第2外周面95とを有する。これら第1および第2外周面93、95は、各々周溝91に軸方向に隣接している。これら外周面93、95は、各々ロータ軸89の外側ラジアル境界面を形成している。

#### 【0066】

図14は、動翼13が取り付けられ周溝91を備えるロータ25の一部を断面図で示す。周溝91は横断面T形溝として形成され、翼脚43を収容する。この形状の周溝は、遠心力と曲げモーメントが小さな短い動翼13を取り付けるため特に採用される。隙間空間49内で、第1、第2外周面93、95上に、各々シール要素53が設けてある。この要素53はロータ軸89の円周方向に延び、ロータ軸89にある凹所35、特に溝に係合している。シール要素53は凹所35内に半径方向に移動可能に配置されている。回転軸線15を中心としたロータ軸89の回転中、シール要素53は、遠心力の作用下、動翼13の長手軸線47に沿い半径方向外側に移動し、翼台座17の回転円板側底面63に固く押し付けられる。この結果、隙間空間49が塞がれる。シール要素53は、対を成して互いにかみ合う2つの部分シール要素67A、67B（図14に図示せず）により構成できる（図4、図5A～図5D、図6A～図6D参照）。

#### 【0067】

図15は、図14と異なる動翼取り付け方式でのロータ25の一部を断面図で示す。この場合、周溝91は所謂横断面クリスマスツリー状の溝で形成している。動翼13の翼脚43は、それに伴い横断面クリスマスツリー状の翼脚として形成し、この翼脚43を周溝91、特に横断面クリスマスツリー状溝に係合させる。かかる動翼13の取り付け方式により、回転軸線15を中心としたロータ25の回

転中、ロータ軸25への非常に効果的な力伝達と確実な動翼保持が達成できる。

図14に類似して、隙間空間49内で、第1外周面93および第2外周面95上に、各隙間空間49を漏れ止めするためのシール要素53が設けられている。

【0068】

隙間空間49の上述した漏れ止め構想は、いずれの場合も、動翼13が周溝91に取り付けられているロータ25にも、非常に柔軟に転用できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

圧縮機と燃焼器とタービンとを備えたガスタービンの概略断面図。

【図2】

ロータの回転円板の一部斜視図。

【図3】

動翼がはめ込まれた回転円板の一部斜視図。

【図4】

漏れ止め装置付き動翼の一部断面側面図。

【図5】

図4における第1部分シール要素の種々の方向から見た図（図5A～図5D）

。

【図6】

図4における第2部分シール要素の種々の方向から見た図（図6A～図6D）

。

【図7】

シール要素付きロータの一部軸方向正面図。

【図8】

図7と異なったシール要素を備えたロータの一部軸方向正面図。

【図9】

ラビリンスパッキン付き動翼の一部断面側面図。

【図10】

図9と異なったラビリンスパッキンを備えた動翼の一部断面側面図。

## 【図11】

動翼がはめ込まれ隙間シール要素を備えた回転円板の一部斜視図。

## 【図12】

図11におけるXII-XIIに沿った断面図。

## 【図13】

周溝付きロータ軸の一部断面側面図。

## 【図14】

周溝に動翼が取り付けられたロータの一部断面図。

## 【図15】

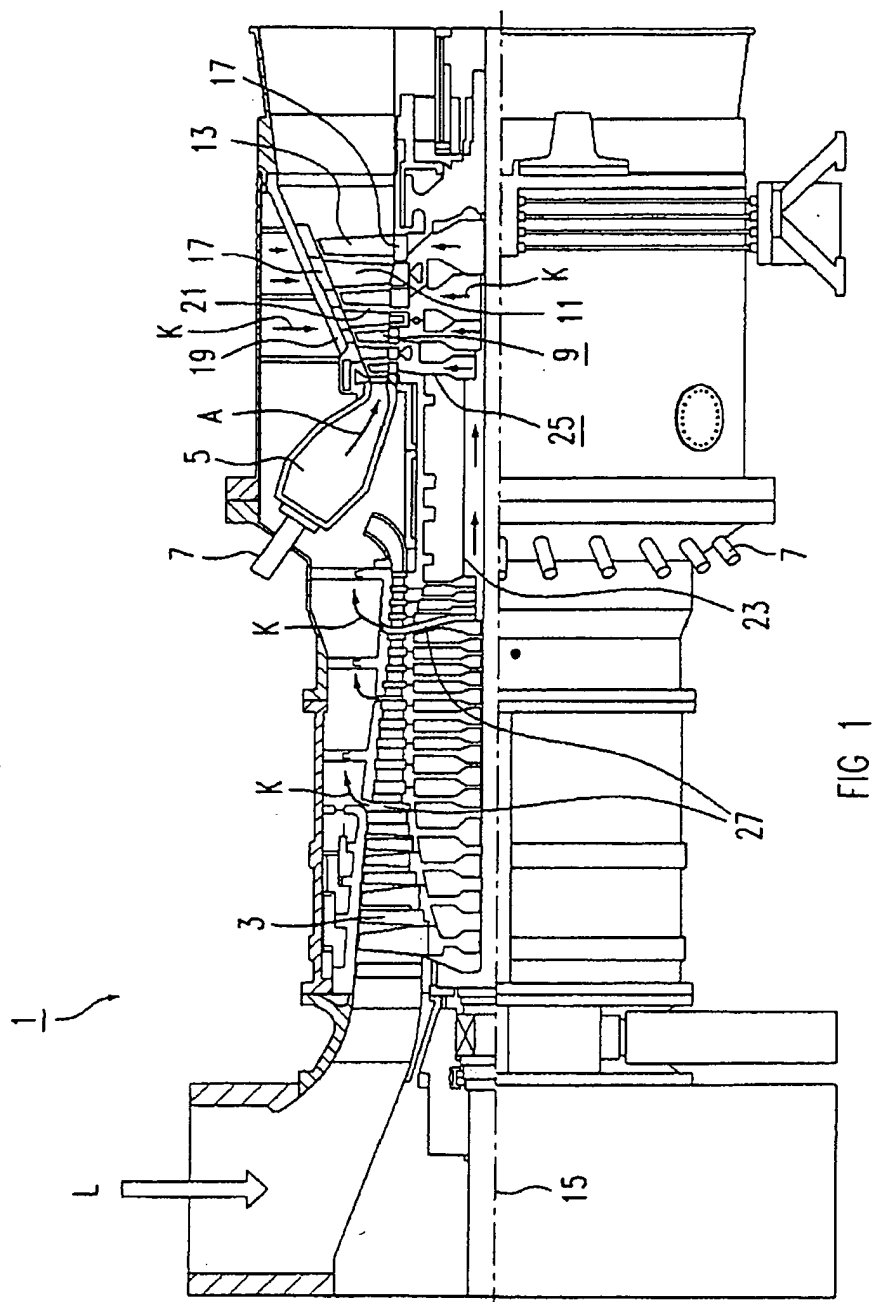
図14と異なった動翼取付け方式のロータの一部断面図。

## 【符号の説明】

- 1 流体機械（ガスタービン）
- 13 動翼
- 15 回転軸線
- 17 翼台座
- 25 ロータ
- 31 外周面
- 33 受体
- 37 回転円板溝
- 39、93、95 外周面
- 43 翼脚
- 49 隙間空間
- 51 漏れ止め装置
- 53、55 シール要素
- 67 部分シール要素
- 69 円板シール縁
- 71 翼台座シール縁
- 91 周溝



【図1】



【図2】

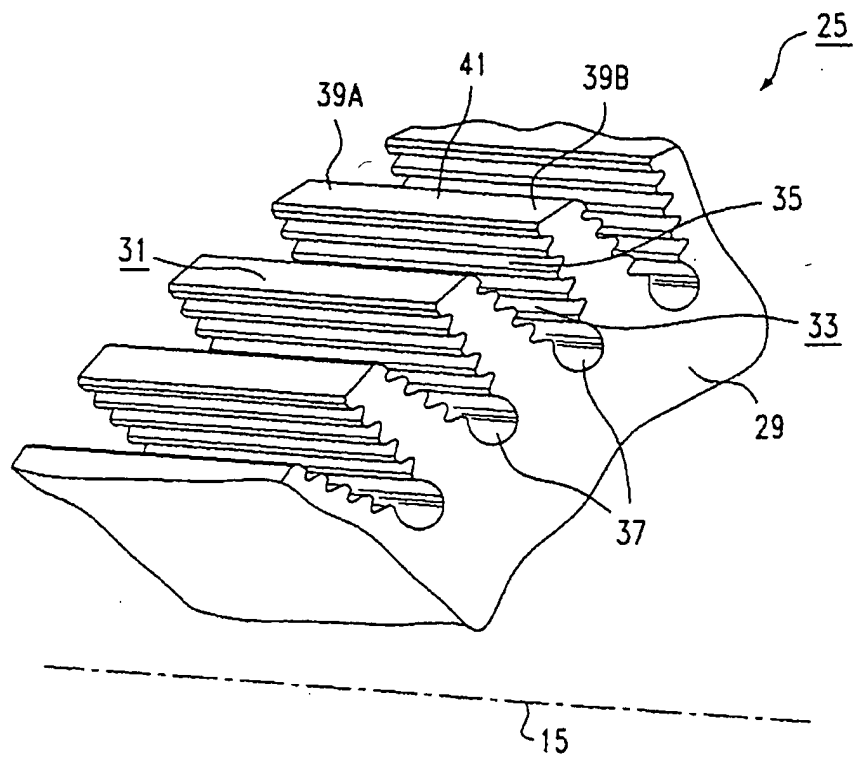


FIG 2



【図4】

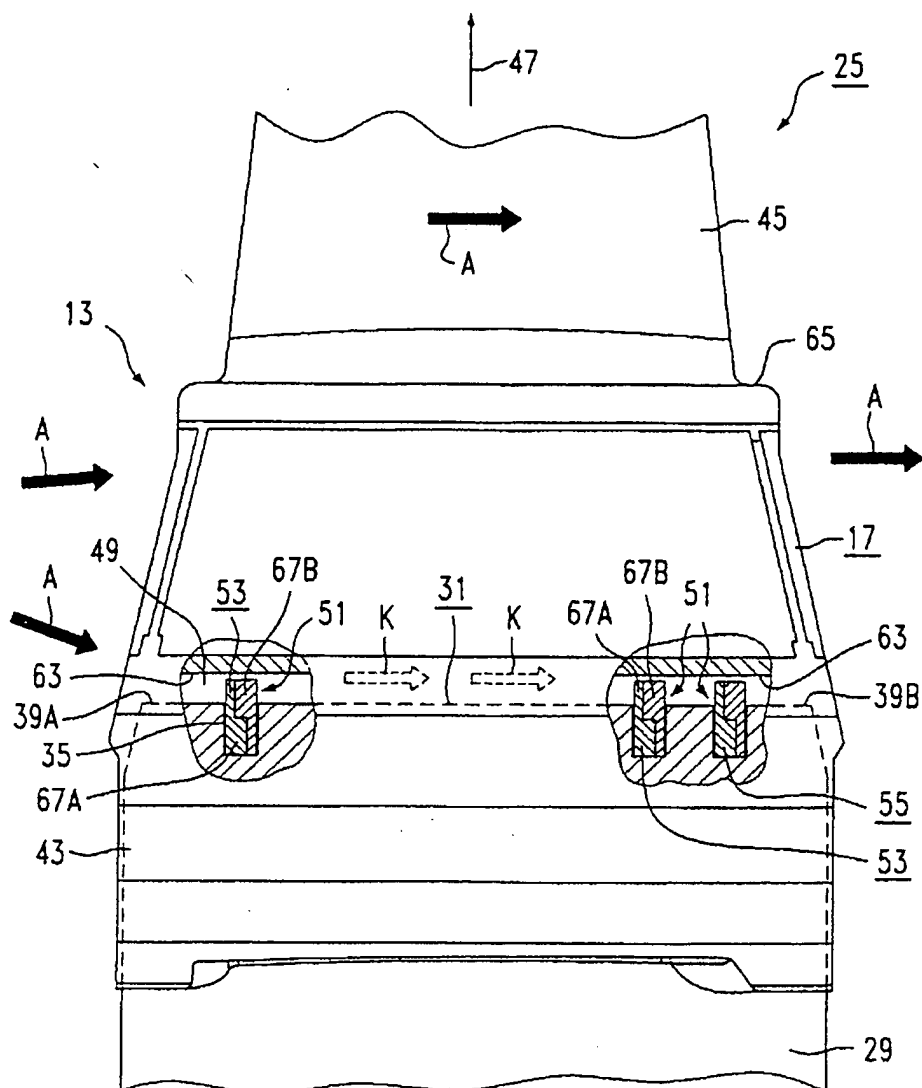
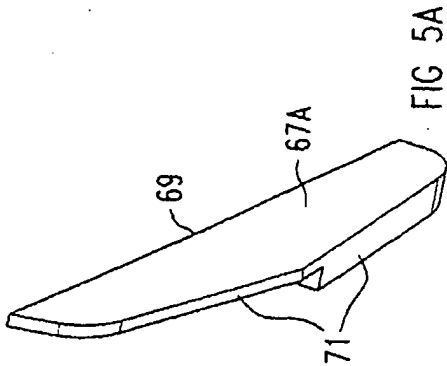


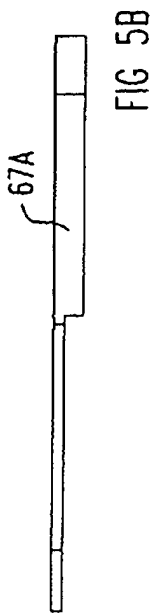
FIG 4

15

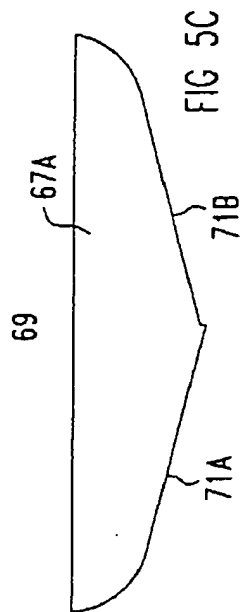
【図5A】



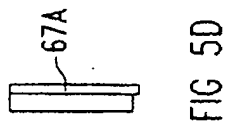
【図5B】



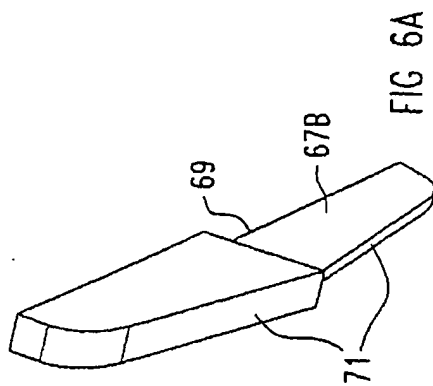
【図5C】



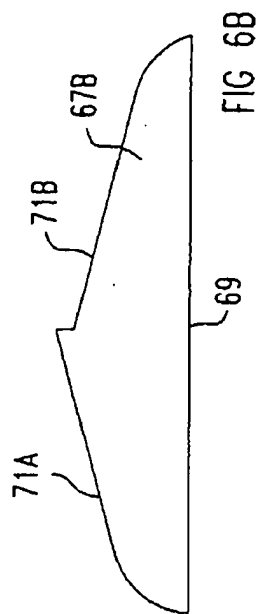
【図5D】



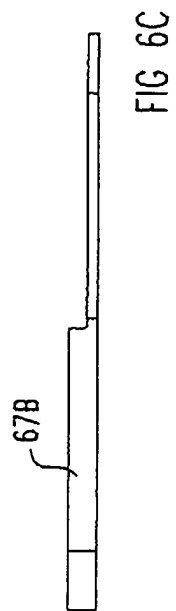
【図6A】



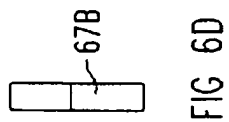
【図6B】



【図6C】



【図6D】



【図7】

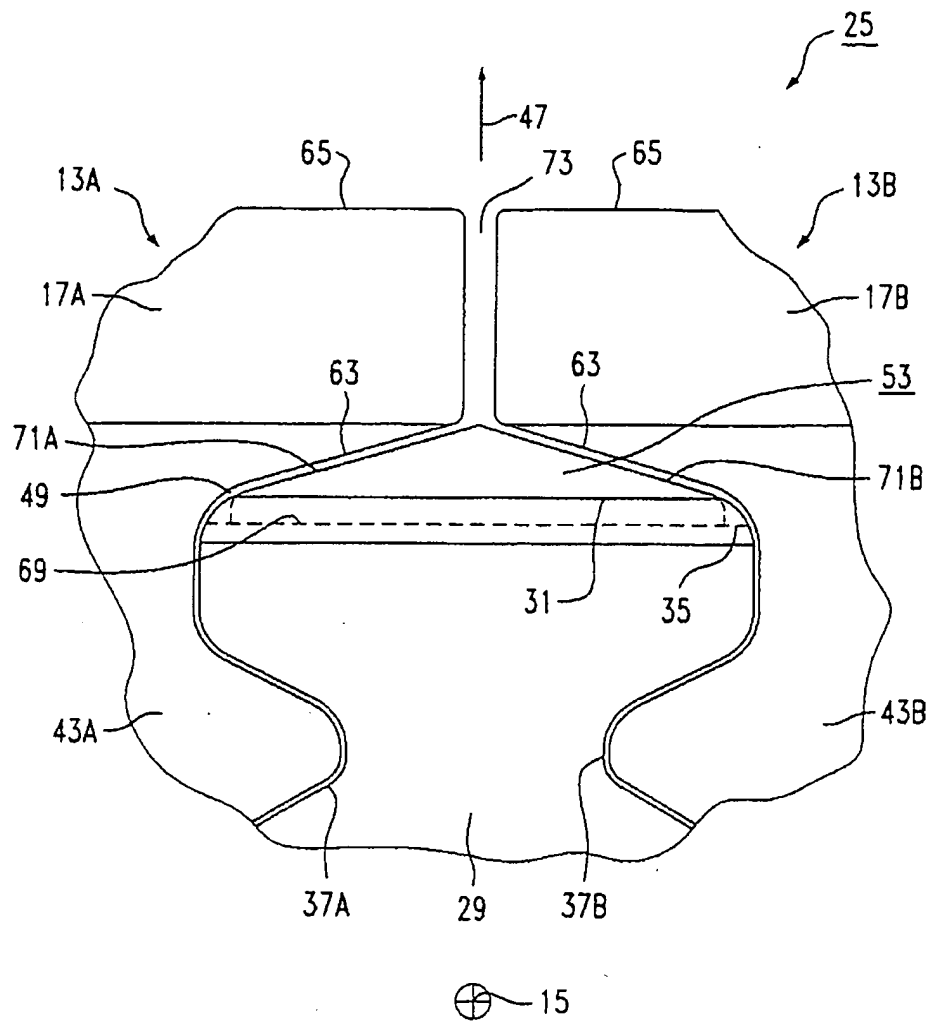
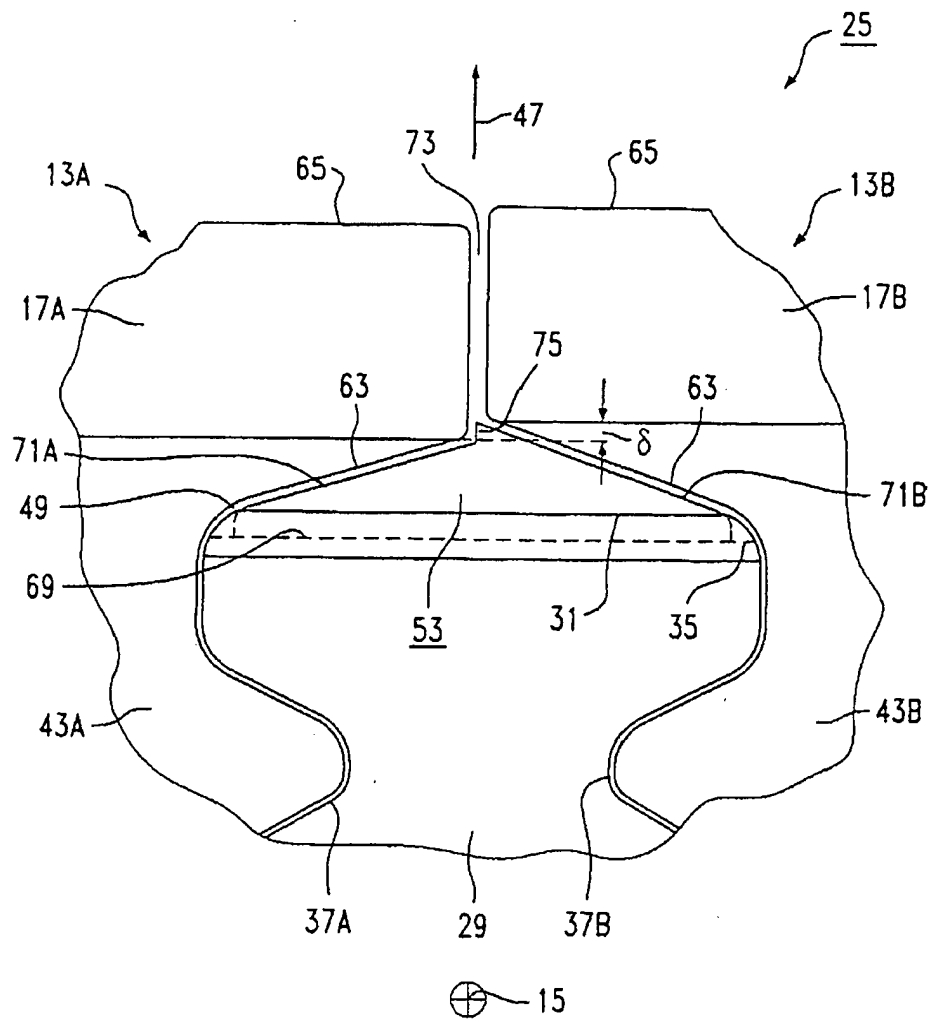


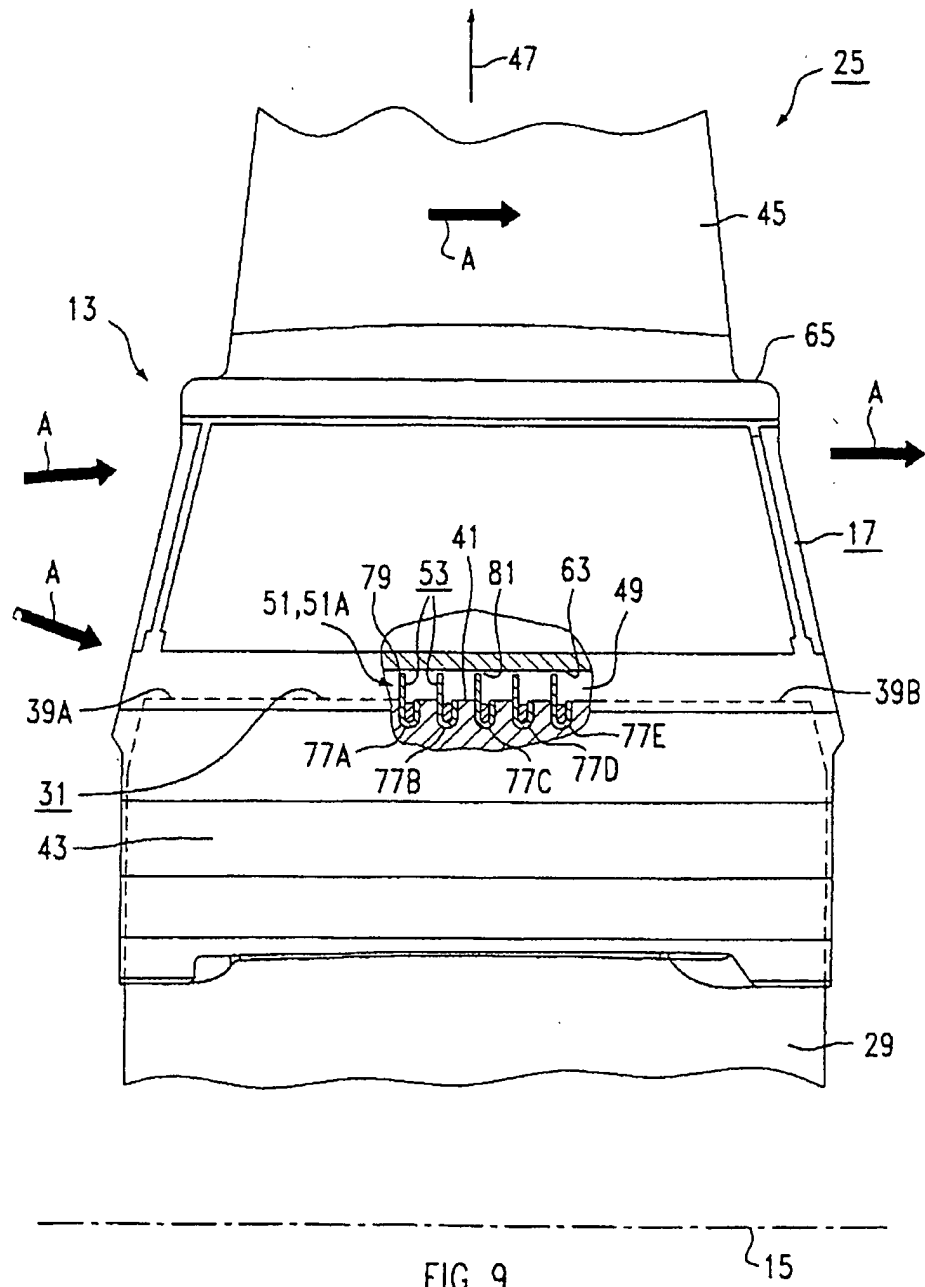
FIG 7



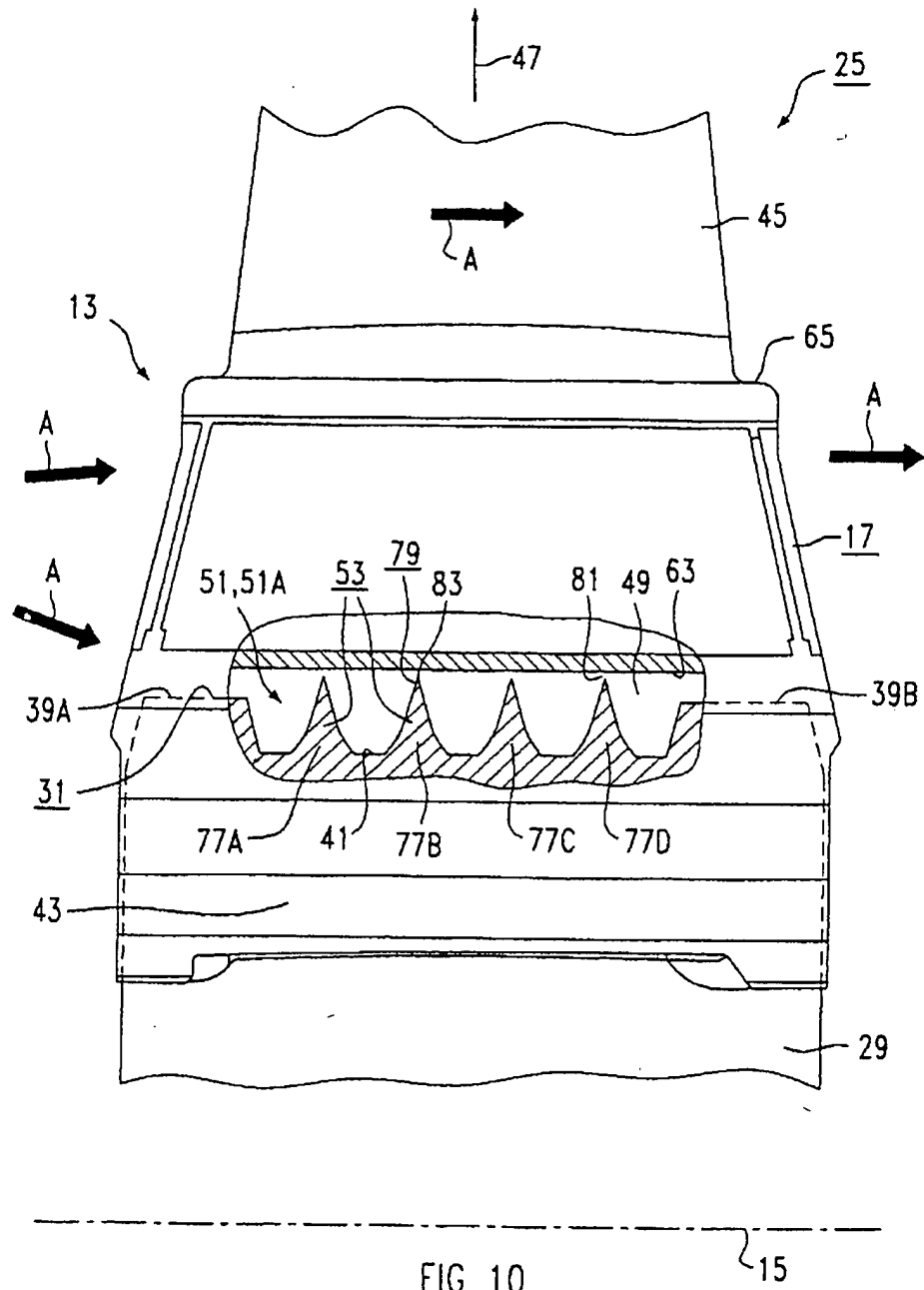
【図8】



【図9】



【図10】



【図11】

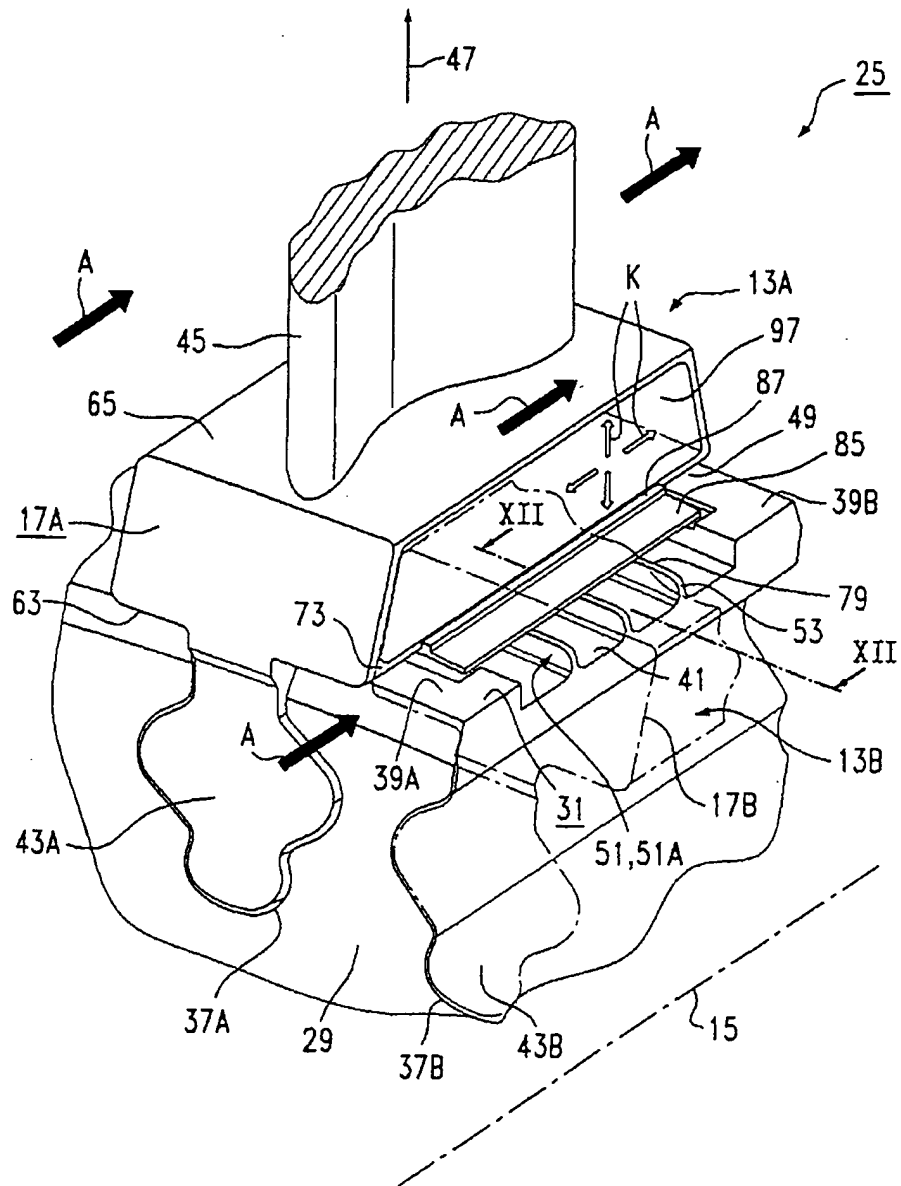
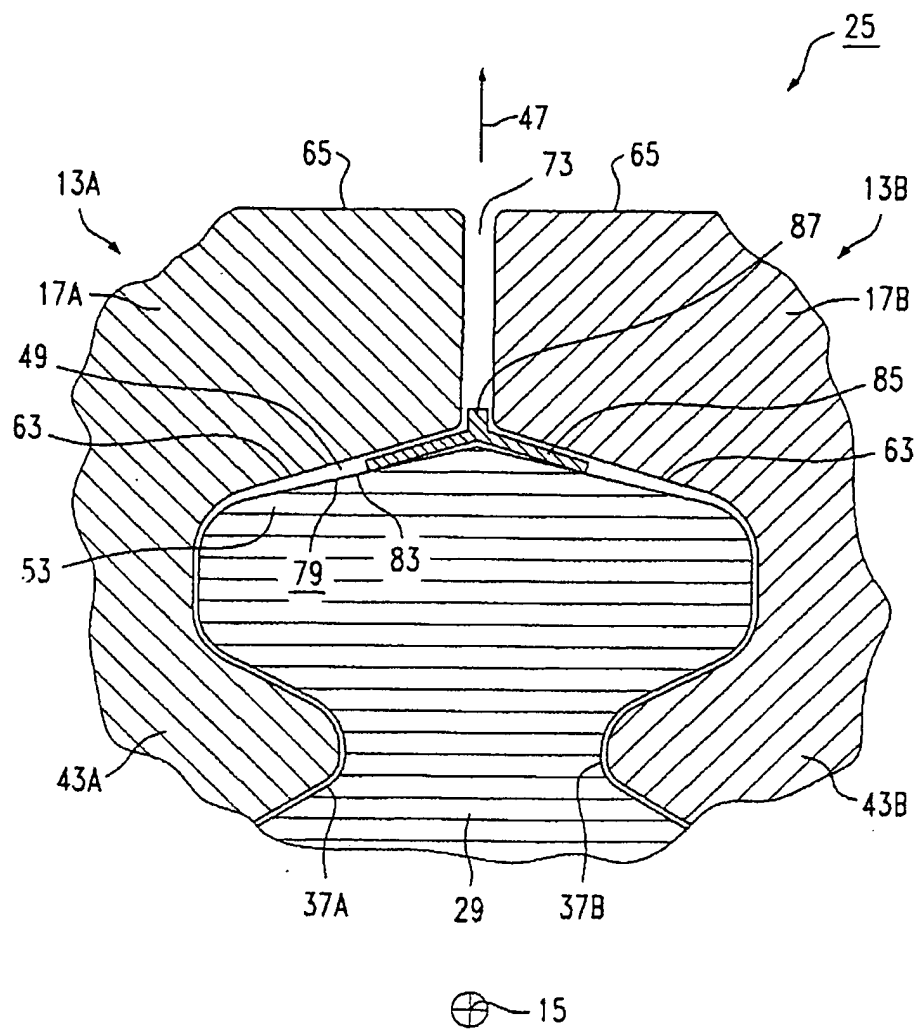
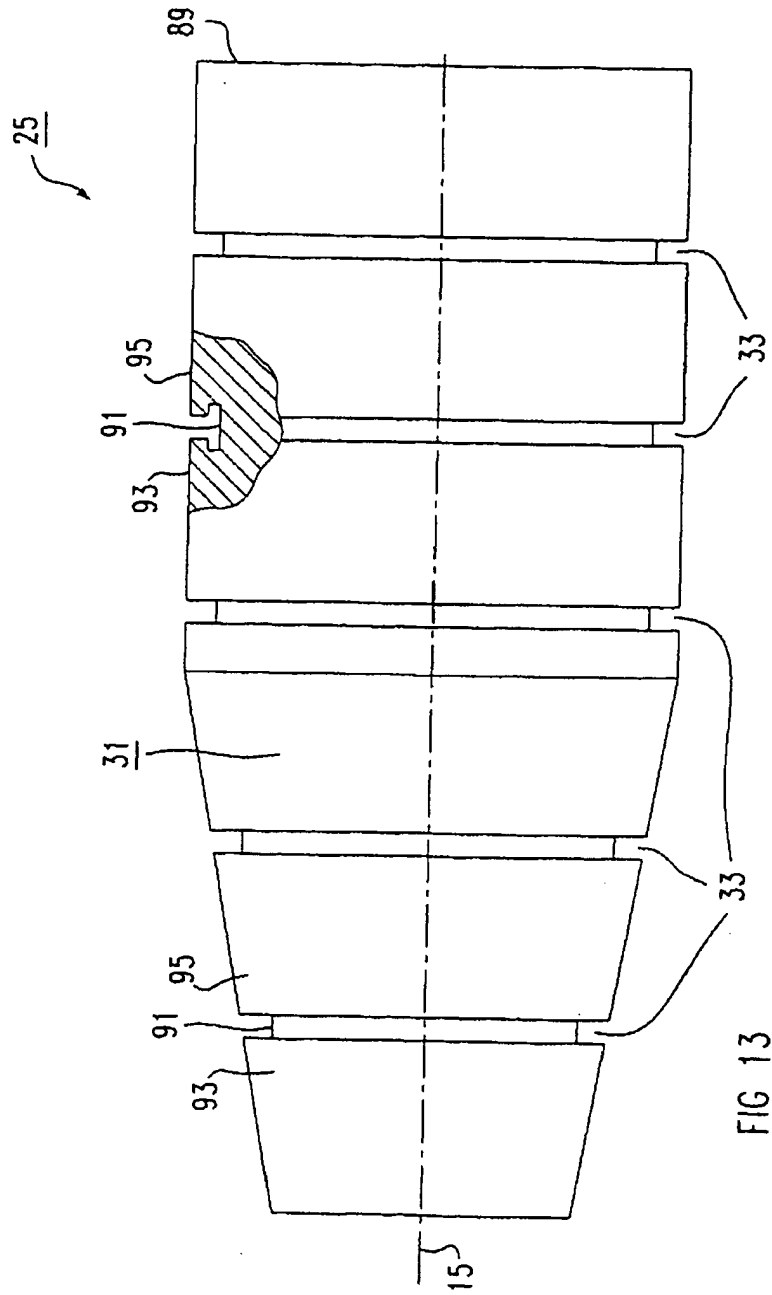


FIG 11

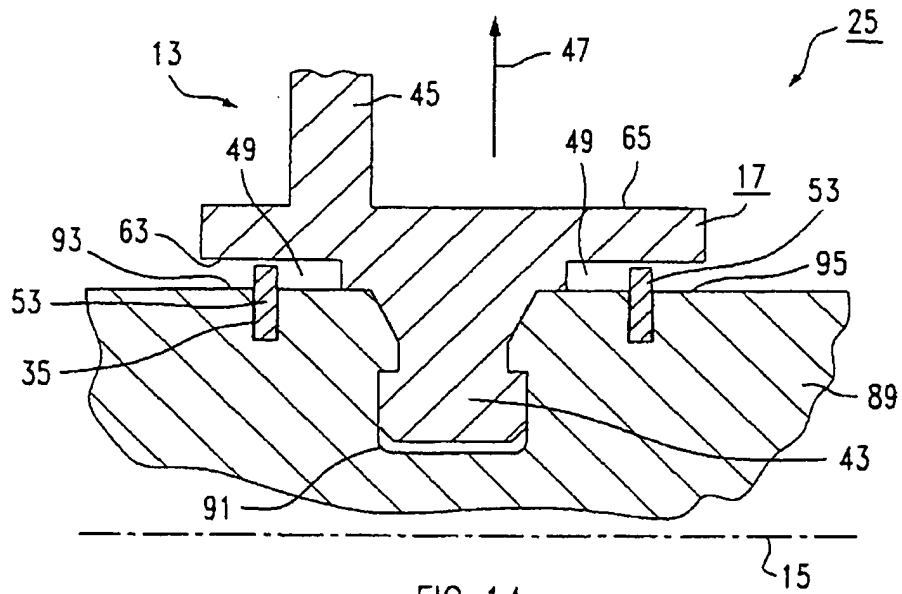
【図12】



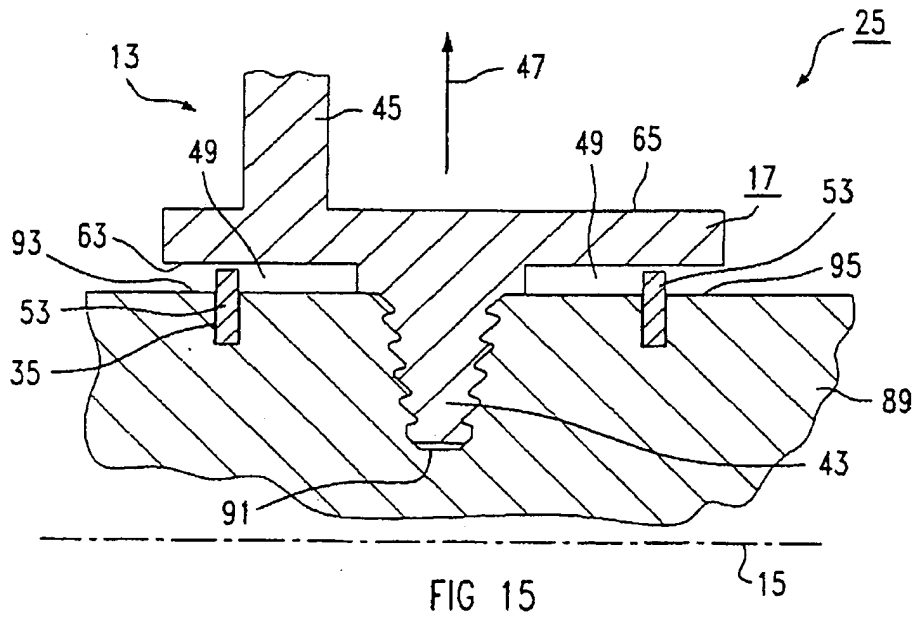
【図13】



【図14】



【図15】



## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No. PCT/EP 00/04317	
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC 7 F01D11/00	
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC	
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 F01D	
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched	
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal	
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>	
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  X US 4 878 811 A (JORGENSEN STEPHEN W) 7 November 1989 (1989-11-07) the whole document  X GB 905 582 A (ROLLS-ROYCE LTD) 12 September 1962 (1962-09-12) page 6, line 90 - line 101 figure 6  X FR 2 603 333 A (SNECMA) 4 March 1988 (1988-03-04) page 3, line 25 - line 31 page 6, line 13 - line 17 figures  --- -/-
	Relevant to claim No  1-3, 5-8, 13-15  1-3, 5-7, 13, 14  1, 5, 7, 9, 11-14
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.	
<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.	
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "Z" document member of the same patent family	
Date of the actual completion of the international search: 28 June 2000	Date of mailing of the international search report: 06/07/2000
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentstein 2 NL - 2200 HW Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax 31 631 epo nl, Fax (+31-70) 340-3016	Authorized officer: Raspo, F

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/EP 00/04317

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 256 035 A (NORRIS JAMES W ET AL) 26 October 1993 (1993-10-26) figures column 2, line 63 - line 65 ---	1,5,7,9, 11-14
X	EP 0 761 930 A (ROLLS ROYCE PLC) 12 March 1997 (1997-03-12) column 3, line 53 - column 4, line 13 column 4, line 47 - line 54 column 5, line 46 - line 48 figure 3 ---	1,5,7,9, 11,13,14
A	US 4 465 432 A (MANDET GERARD M F ET AL) 14 August 1984 (1984-08-14) column 4, line 43; figure 4 -----	1-14

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 00/04317

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4878811 A	07-11-1989	DE 68900932 D EP 0369926 A JP 2181098 A JP 2644598 B KR 9705865 B	09-04-1992 23-05-1990 13-07-1990 25-08-1997 21-04-1997
GB 905582 A		NONE	
FR 2603333 A	04-03-1988	DE 3762142 D EP 0263002 A US 4730983 A	10-05-1990 06-04-1988 15-03-1988
US 5256035 A	26-10-1993	NONE	
EP 0761930 A	12-03-1997	DE 69604757 D DE 69604757 T US 5662458 A	25-11-1999 03-02-2000 02-09-1997
US 4465432 A	14-08-1984	FR 2517739 A DE 3266872 D EP 0081436 A JP 1406789 C JP 58104304 A JP 62015727 B	10-06-1983 14-11-1985 15-06-1983 27-10-1987 21-06-1983 09-04-1987

---

フロントページの続き

(72)発明者 ライヒェルト、アルント  
ドイツ連邦共和国 デー - 47051 ドウイ  
スブルク マインシュトラーセ 31

(72)発明者 リーザー、ディルク  
ドイツ連邦共和国 デー - 44149 ドルト  
ムント オーファーホッフシュトラーセ  
193

F ターム(参考) 3G002 FA04 HA09 HA12  
3J042 AA01 AA11 BA03 BA08 CA03  
CA18 DA13